

سلسلة هندسة الاتصالات (١)

مبادئ الاتصالات

م. ريم مصطفى الدبس





مبادئ الاتصالات



مبادئ الاتصالات

د. ريم مصطفى الدبس

الطبعة الأولى
2004 م

المكتبة العربية
مكتبة المجتمع العربي للنشر

رقم الإيداع لدى دائرة المكتبة الوطنية (2003/11/2405)

621.382

الديس، ريم مصطفى
مبادئ الاتصالات / ريم مصطفى الديس - عمان: مكتبة المجتمع
العربي، 2003
() ص

ر. - : 2003/11/2405
الواصفات: / الاتصالات

تم إعداد بيانات الفهرسة والتصنيف الأولية من قبل دائرة المكتبة الوطنية.

حقوق الطبع محفوظة للنشر

Copyright ©
All Rights reserved

الطبعة الأولى
2004م - 1424هـ



مكتبة المجتمع العربي للنشر

عمان - شارع الملك حسين - مجمع الفهيس التجاري
تلفون 4632739 ص. ب. 4244 عمان 11121 الأردن

الفهرس

الصفحة	الموضوع
7	الوحدة الأولى : مبادئ الاتصالات
9	1-1 تعريف الاتصال
9	2-1 التطور التاريخي لأنظمة الاتصالات
11	3-1 المخطط المستدولي العام لأنظمة الاتصالات
13	4-1 أنواع الإشارات
16	5-1 وسائل نقل الإشارة ومواسفاتها من حيث المدى المرسل
17	6-1 الطيف الترددي لخدمات الاتصال (Spectrum)
18	7-1 أسس ومبادئ الإشارات الصوتية والصوت البشري
18	8-1 الإشارات التفرافية
19	9-1 الإشارات التفرافية
21	أسئلة الوحدة الأولى
23	الوحدة الثانية : وحدات قياس النقل
25	قياس الإشارات لدورية
26	2-2 القدرة Power
26	3-2 لكسب Gain واللفد Loss
27	4-2 وحدات قياس لكسب واللفد المستعملة
39	5-2 تضخيم الإشارة Amplification of Signal
40	6-2 تضعيف الإشارة (Attenuation of Signal)
42	7-2 توليد الإشارة وإرسالها
43	أسئلة الوحدة الثانية
47	الوحدة الثالثة : التعديل السعوي
49	1-3 مبدأ التعديل Principle of Modulation
49	2-3 التعديل Modulation

50	3-3 أسباب استخدام التعديل في أنظمة الاتصالات
52	4-4 أنواع التعديل
54	5-3 التعديل السعوي Amplitude Modulation
81	أسئلة الوحدة الثالثة
89	الوحدة الرابعة : التعديل الترددي
91	1-4 تعريف التعديل الترددي (FM)
103	2-4 التعديل الترددي ذو النطاق الضيق NBFM والتعديل الترددي ذو النطاق الواسع WBFM
104	3-4 قانون كارسون Carson's Rule
106	4-4 أنظمة البث FM
107	5-4 المعدلات والمعدلات العكسية للتعديل الترددي
109	6-4 المرسلات Transmitters
111	7-4 المستقبلات Receiver
112	8-4 نظام الاستقبال الموير هيترودين
114	أسئلة الوحدة الرابعة
119	الوحدة الخامسة : التعديل النبضي
121	1-5 النظرية العينة Sampling Theorem
122	2-5 مبدأ التعديل النبضي Principle of Pulse Modulation
123	3-5 أنواع التعديل النبضي
138	أسئلة الوحدة الخامسة
141	الوحدة السادسة : مبدأ التعديل الرقمي
143	1-5 التعديل الرقمي Digital Modulation
143	2-5 أنواع التعديل الرقمي
156	أسئلة الوحدة السادسة

الوحدة الأولى

مبادئ الاتصالات





الوحدة الأولى: مبادئ الاتصالات

1-1 تعريف الاتصال

إن إجراء مكالمة تليفونية أو إرسال رسالة بالبريد أو الاستماع إلى خطبة أو إرسال البحارة إشارات ضوئية في السماء لطلب النجدة كلها أمثلة على الاتصال. وفي حياتنا اليومية أمثلة لا حصر لها على الاتصال، ولكن ما يهم دراستنا الاتصالات ذلك التكنولوجيا العالية والمتطورة.

يتضح من الأمثلة المذكورة أن كلمة الاتصال شاملة لكل طرق للتواصل والتعامل سواء كان متطور أو بدائي، فيمكن إخطاء تعريف عام للاتصال بأنه نقل معلومة من نقطة تسمى المرسل (Transmitter) إلى نقطة أخرى تسمى مستقبل (Receiver) عبر وسط ناقل.

فالمتصل بالهاتف يعد مرسل والشخص على الطرف الثاني من الخط يعد مستقبل وأسلاك الهاتف هي الوسط الناقل للمعلومة. والبحار يعد مرسل للمعلومة التي تكون على شكل طلقة نارية في الهواء يستقبلها بحار آخر ويفهم الإشارة على أنها طلب للنجدة وهكذا يحدث اتصال بين الطرفين.

وما يهمنا في هذا الكتاب هو توضيح مبادئ الاتصالات وكيفية نقل الإشارة واستقبالها والشروط الواجب توافرها لنجاح عملية الاتصال، ولكن أولاً علينا معرفة لتطور التاريخي لأنظمة الاتصالات.

2-1 التطور التاريخي لأنظمة الاتصالات

كانت وسائل الاتصال في السابق بدائية جداً. وإن أول وسيلة للاتصال هي باستخدام الإيماء لصوته أو الأصوات الحيوانية لتداول المعلومات ضمن

مسافات معينة، ولكن لأن المدى الذي يصله صوت الإنسان يمتد كبيراً بسبب ضعف الموجة الصوتية فكان من الضروري ابتكار أشكال أخرى للاتصال باستخدام العدائين لنقل الأخبار من مكان إلى آخر كما فعل اليونانيون القدامى واستخدام الدخان والحبال والطيل والأعلام كإشارات بين المدن بينهم مسافات بعيدة نسبياً.

وفي عام 1835 بدأ صمويل مورس تجربته مع الطغراف، وبعد سنتين بدأ العمل بالطغراف في الولايات المتحدة الأمريكية والذي يعد أول استعمال للإشارات الكهربائية والتي هي أشبه بمعلومات مشفرة، وقد تطورت هذه الوسيلة بالتطور خلال الحرب العالمية الأولى والثانية وبستخدم المقسم العسكري في الجيش البريطاني ومن ثم تطورت عملية الاتصال باستخدام المبرقات وغيرها.

في عام 1876 اخترع غراهام بيل جهاز التليفون والذي كان يمكن في البداية أشخاص موجودين في مكانين متفرقين من التحدث مع بعضهم البعض إلى أن تطور إلى الشكل المألوف لنجد في الوقت الحالي.

في عام 1910 بدأت تجارب البث الإذاعي في كوريك وقد تم أول بث للعموم عام 1920 أما لبث التليفزيوني فقد بدأ للعموم بعد ذلك بسبع سنوات (عام 1927) في إنجلترا.

بدأت اتصالات الإحمر لصناعية عام 1960 والتي أصبحت متداولة بعد هذا التاريخ بوقت ليس بطويل.

وكانت بداية ثورة الاتصالات الحاسوبية (Computer Communication) عام 1970.

إن التطور في عالم الاتصالات لا يقف عند حد، وهناك جديد كل يوم ولكن تبقى المبادئ التي تقوم على أساسها ثابتة وهي موضوع دراستنا هنا ومما يجدر التنويه إليه أن أهم حدث في تاريخ الاتصالات كان اختراع الترانزستور، الذي يدخل في تركيب معظم السواثر الكهربائية وحلصة التي تدخل في تركيب المرسلات والمستقبلات

3-1. المخطط المصنوعي العام لنظم الاتصالات

إن مصطلح نظام "System" يصد به كلا من الإشارات (Signals) والأجهزة أو الدوائر (Circuits) وإلى الأجهزة المستعمدة في أي نظام تنتسب مع نوعية الإشارات المراد إرسالها وعلى الرغم من تنوع أنظمة الاتصالات إلا أن المخطط المصنوعي (Block Diagram) العام بها يبقى واحداً، ويتكون نظام الاتصال العام من ثلاثة أجزاء والتي تستطيع استيعابهم من التعريف العام للاتصال، وهي:

1 المرسل (Transmitter)

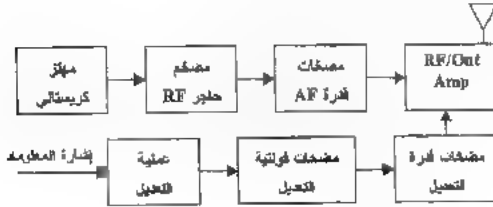
2 الوسيط الناقل (Channel)

3 المستقبلة (Receiver)



1-3-1 المرسلات (Transmitter)

المقصود بالمرسلة مجموعة الدوائر المسؤولة عن تجهيز الإشارة لتصبح جاهزة للإرسال بالصورة المناسبة التي تتيح للمستقبل فهم هذه الإشارة بأقصى وجه والتي تتكون أساساً من المحل، ومجموعة مكبرات وهوائي وغيرها. وهناك عدة أنواع من المرسلات، والمخطط العام للمرسلة يختلف باختلاف نوع التشغيل (Modulation) المستخدم مثل AM و FM (سواء شملق لهذا الموضوع بالتفصيل) والمخطط التصانوقي لمرسلة راديوية نموذجية هو -

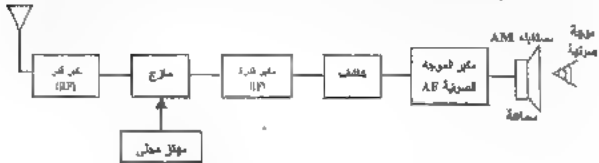


1-3-2 الوسيط النقال (Medium)

هو الوسيط الذي تنتقل خلاله المعلومات (الإشارات) من لمرسلة إلى المستقبلة، وقد يكون هذا للوسط الفراغ أو الهواء أو الأسلاك أو غير ذلك. وهناك أنواع مختلفة من الأسلاك وبفلام كل نوع منها مع نظم معينة من أنظمة الاتصال، ولكل منها مواصلات معينة من حيث السرعة والجودة والتكلفة ومدة التصنيع ولشهر هذه الأنواع في الوقت الحالي هي الألياف البصونية المصيرة بالسرعة العالية.

3-3-1 المستقبلات (Receiver)

في الجهة المقابلة من المرسلات نجد المستقبلات ، هي مجموعة قدوافر الممؤولة عن النقاط لإشارات المطبويه وتلقينها للحصول على أفضل عينة وشرط أساسي في المستقبل أن تتوافق مع نوع التعديل المستخدم في المرسة وتتكون المستقبلة بشكل أساسي من هوائي ومصافي ومعدل عكسي (يتناسب مع نوع المعدل المستخدم في المرسة) ومجموعة مكبرات وغيرها والمخطط المستوفي العام للمستقبله هو :



4-1 أنواع الإشارات

عندما نبحث عن أنظمة الاتصالات الحديثة فليس المقصود بالإشارات في هذه الحالة الرسائل البريدية أو الطلقات السارية بحسب الحجة وإلزام إشارات كهربائية (تلفونية أو تليفزيونية)

وهكذا عندما نريد إرسال إشارة صوتية أو مرئية أو غيرها ، نحولها أولاً إلى إشارة كهربائية كي نتمكن من التعامل معها مثلاً بالميكروفون بحول الموجه الصوتية إلى كهربائية والكاميرا تحول الصورة إلى إشارة كهربائية. ولذلك نجد دائماً في المرحلة النهائية من المستقبلات محول للإشارة الكهربائية إلى أحد الصور الكهربائية فالسماعة تحول إشارة الكهربائية إلى موجة صوتية والشاشة تعرض الإشارة الكهربائية على هيئة صورة مرئية. الخ.

يتم تصنيف الإشارات المستخدمة في نظم الاتصالات بناءً على أسس عديدة منها:

1. طبيعة توليد الإشارة، فقد تنشأ الإشارة عن صوب أو صورة أو غير ذلك
 2. كيفية تغيرها مع الزمن مثلاً بعض الإشارات تتكرر كل فترة زمنية معينة وبعضها لا يتغير مع الزمن (AC) وبعضها يبقى ثابتاً (DC)
 3. مقدار محتوياتها من الطاقة (Power) أو القدرة (Energy)، والتي يمكن حسابها من الإشارة (التي تمثل تيار أو فولتية كما ذكرنا مسبقاً)
- وبناءً على الأسس المذكورة يمكن أن نميز عدة أنواع من الإشارات ذات أهمية في أنظمة الاتصالات، من أهمها:

1-4-1 الإشارات المقررة أو المحددة (Deterministic Signals) هي الإشارات التي يمكن معرفتها بصورة كاملة ويمكن التعبير عنها كدالة رياضية متغير مع الزمن.

مثال: الإشارة المحددة التالية $X(t) = A \cos(\omega t + \theta)$ تُحدد شكل إشارة جيبية متغيرة مع الزمن ويمكن معرفة القيمة اللحظية لها ببساطة، إذا فرضنا قيمة $\omega = 20$ وقيمة $\theta = 0$ و $A = 5$ أصبح شكل العلاقة كالآتي:

$$X(t) = 5 \cos(20t)$$

وبعد اللحظة $t = 0 \text{ sec}$ يمكن حساب قيمة الإشارة على النحو التالي:

$$X(0) = 5 \cos(0) = 5 \text{ volt}$$

1 4 2 الإشارات العشوائية (Random Signals): هي إشارات التي تتغير قيمته بصورة عشوائية مع الزمن ولا يمكن معرفة قيمة دقيقة لها كما لا يمكن التعبير عنها بصورة اقتران رياضي، وهذا تكمن صعوبة التعامل مع هذا النوع من الإشارات، ومثال على هذه الإشارات الضجيج (Noise) والذي يوجد

أنواع مختلفة منه مثل الضجيج الحراري (Thermal Noise) والضجيج الأبيض (White Noise) وغيرها.

1-4-3 الإشارات الدورية (Periodic Signals): هي الإشارات التي تتكرر صفتها مع الزمن بحيث تعيد إشارة نفسها كل فترة زمنية معينة ويمكن التعبير عنها بالمعادلة التالية.

$$X(t \pm mT) = X(t)$$

m: عدد صحيح

T: زمن الدورة للوحدة (Period) وهو الزمن الذي تعيد فيه الإشارة نفسها بعد مروره وهو يتناسب تناسب عكسي مباشر مع تردد الإشارة (Frequency)

$$T = 1/f$$

F: عدد الدورات في الثانية للوحدة (التردد) ووحدة الهرتز Hz

مثال: نحسب التردد وزمن الدورة للوحدة للإشارة التالية. $X(t) = 2 \cos(628t)$

$$f = \omega/2\pi = 628/2\pi = 100 \text{ Hz}$$

$$T = 1/f = 1/100 = 0.01 = 10 \text{ msec}$$

1-4-4 الإشارات الدورية (A periodic Signals): وهي الإشارات التي لا تكرر نفسها مع الزمن ولا تحقق معادلة الإشارات الدورية، لكن لا مانع من أن تأخذ شكل انترار رياضي (لكن ليس اقتران جيبى)

$$X(t) = \sqrt{3t+5t^3} \text{ مثال}$$

1-5-5 مثال: نأخذ الإشارة وموصفتها من حيث العنصر العنصر

مهما اختلعت الأوساط الناقلية للإشارة يبقى للتصنيف الأساسي لنقلها طريقتين، سلكي ولاسلكي.

1-5-1 **النقل السلكي:** يتم الربط بين المرسل والمستقبل بواسطة سلك و يوجد أنواع مختلفة من الأسلاك المستخدمة منها الألياف البصرية (Fiber Optics) والكوابل كيبس وغيرها ويعتمد مدى الإرسال على طول السلك وعلى قدرة أو طاقة الإشارة للمرسل. مثلاً عند ربط جهري هاتف في موقعين مختلفين يجب استخدام سلك ذو طول وبوعية مناسبين لهذه المهمة كما يجب أن تكون الإشارة المرسله ذات قدرة كافية لوصولها بشكل واضح إلى المستقبل.

ومن أنظمة الاتصالات التي تستخدم أسلوب النقل السلكي شبكات الحاسب لأكي

1-5-2 **النقل اللاسلكي:** يتم تحويل الإشارة الكهربائية إلى موجة كهرومغناطيسية بواسطة هوائي المرسل وتنتقل هذه الموجة في الهواء بين المرسل والمستقبل التي تحول هذه الموجة إلى إشارة كهربائية مرة أخرى بواسطة هوائي المستقبل وتعتمد مواصفات الإشارة على نوعية الهوائي وارتفاعه عن سطح الأرض وعلى التردد المستخدم.

إن مدى الإرسال اللاسلكي أكبر بكثير من مدى الإرسال السلكي سواء تم بشكل مباشر بين الهوائيين أو بشكل غير مباشر (تعبثاس الأمواج عن طبقات الجو أو استخدام الأقمار الصناعية)

ومن أنظمة الاتصالات التي تستخدم أسلوب النقل اللاسلكي الإذاعة والتليفزيون والفضوي.

6-1 الطيف الترددي للخدمات (الاتصال) (Spectrum)

عند التحديث عن الإشارات المستخدمة في أنظمة الاتصالات فإن المهم هو تردد الإشارة (frequency) وقد سميت الترددات إلى حزم حسب مستوياتها وميزت استخدامات معينة لكل حزمة وفيما يلي جدول يبين أهم هذه الحزم الترددية المستخدمة في أنظمة للاتصالات واستخدماتها الرئيسية:

الحزمة	التردد	طول الموجة	الاستعمال الرئيسي
1 الترددات للرافعة جدا Very Low Frequency (VLF)	3 - 30KHz	10Km - 100	تلفزيون البحر
2 الترددات المنخفضة Low Frequency (LF)	30-300KHz	1Km - 10	تلفزيون البحرية
3 الترددات المتوسطة Medium Frequency (MF)	0.3-3MHz	100m - 1Km	الإشارات (إذاعات بحرية)
4 الترددات العالية High Frequency (HF)	3 - 30MHz	10m - 100	اتصالات بحرية راديوية (من محطة سفينة)، إذاعات
5 الترددات العالية جدا Very High Frequency (VHF)	30 - 300MHz	1m - 10	اتصالات بحرية راديوية (من محطة سفينة) إذاعات
6 الترددات العالية Ultra High Frequency (UHF)	0.3 - 3GHz	1 - 0.1m	راديو فلكي طويل
7 الترددات العالية جدا Super High Frequency (SHF)	3 - 30GHz	1cm - 10	راديو، أقمار صناعية

إن الطول الموجي يتناسب عكسي مع التردد المستخدم (وأيضا الحصنة فائدة سيتم للتطرق لها في الوحدات القادمة). ويتم حساب الطول الموجي بناء على العلاقة التالية

طول الموجة (λ) = سرعة انتشار الموجة / تردد الموجة

* سرعة انتشار الموجة = سرعة الضوء = 3×10^8 م/ث

مثال، لحساب الطول الموجي لموجة ترددها 3GHz.

$$\lambda = C/F = 3 \times 10^8 / 3 \times 10^9 = 100 \text{ m}$$

7-1 أسس ومبادئ الإشعاعات الصوتية والصوت الإلكتروني

إن الإشعاعات الصوتية المختلفة ومنها الصوت البشري ذات ترددات منخفضة (300 Hz - 4KHz) وليس بها المقدرة على الانتشار بمسافات طويلة لذلك لا يتم إرسالها مباشرة من المرحلة إلى المستقبل وإنما نحمل أولاً على إشعاعات ذات تردد عالٍ (إشارة حاملة) هي للمرحلة (عملية التعديل)، ثم نحول إلى موجات كهرومغناطيسية تنتقل بواسطة الهوائي، ويعود هوائي المستقبل يلتقط هذه الموجات ويحولها إلى إشارة كهربائية مرة أخرى ومن ثم فصل الإشارة الصوتية المرغوبة عن الإشارة الحاملة (عملية للتعديل العكسي)

8-1 الإشعاعات التلغرافية

الإشعاعات التلغرافية هي عبارة عن ترتيب خاص للعناصر الكودية يعمل في نظام تشفير معين لتمثيل رمز مفرد أو قيمة مفردة، وتعمل الحزم البرندية أو أطنة (LF) والواطنة جدا (VLF) لهذا لتتفرع من الإشارات.

9-1 الإشارات التلفزيونية

الإشارات التلفزيونية أساساً إشارات مرئية، ولكنها مصحوبة غالباً بإشارات صوتية. وتُستعمل في هذه الإشارات الحزم الترددية العالية جداً (VHF) والترددات العالية (UHF) حيث تُحمل إشارة الصورة على تردد وتُحمل إشارة للصوت المصحبة لها على تردد آخر (يُريد عنها بمقدور 4.5 MHz). وهذا سبب الظاهرة التي نلاحظها في التلفاز وهي مدمج للصوت في رؤية الصورة.

وهكذا سابقاً نسمع مصطلح تلفزيون أبيض وأسود" لعدم إرسال إشارة اللون، أما الآن يتم إرسال اللون على تردد آخر.

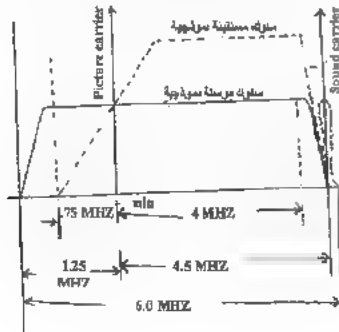
ولترددات المخصصة للإرسال التلفزيوني هي:

VHF: $54 - 88 \text{ MHz}$, $174 - 216 \text{ MHz}$

UHF: $470 - 638 \text{ MHz}$

ويخصص لكل قناة تلفزيونية حزمة ترددية ذات عرض 6 MHz

موضحة بالشكل التالي.



مثال 1. قناة تلفزيونية ترسل إشارة الصورة ؛ على تردد 475MHz
أيضا للتردد الذي تحمل عليه إشارة الصوت؟

$$F_{\text{SOUND}} = F_{\text{SIGHT}} + 4.5 = 475 + 4.5 = 479.5 \text{ MHz}$$

مثال 2: قناة تلفزيونية تشغل الحيز الترددي (60-66MHz) . احسب
قيمة التردد لحامل الصورة والتردد الحامل للصوت.

$$F_{\text{SOUND}} = 60 + 5.75 = 65.75 \text{ MHz}$$

$$F_{\text{SIGHT}} = 60 + 1.25 = 61.25 \text{ MHz}$$

أسئلة آخر الفصل

- س1) لماذا يعد القترافريسنور هم حدث في تاريخ الاتصالات؟
- س2) عند أنظمة الاتصالات التي تتعمل معها بشكل يومي مميها المرسل والمستقبل والوسط الناقل لكل منها
- س3) احسب قيمة الإشارة العكسية عند اللحظة $t = 0.2\text{sec}$, $t = 0.1\text{sec}$, $t = 0\text{sec}$
- $$Y(t) = 2 \sin(200t + 30^\circ)$$
- س4) احسب الزمن الدوري والتردد لكل من الإشارات التالية
1. $X(t) = 10 \sin(2\pi \cdot 10^3 t)$
 2. $Y(t) = 2 \cos(628t) + 3 \cos(314t)$
 3. $S(t) = 20 \cos^2(500t)$
- س5) احسب الطول الموجي بحرمه الترددات (EHF) ذات المدى الترددي 300GHz - .
- س6) وصح بالرسم جميع النهم السهمة بالقناة التلفزيونية ذات النطاق الترددي (80 - 86MHz)
- س7) احسب قيمة التردد للعمل للصورة نقابة تلفزيونية ذات تردد حامل للصوت يساوي $F_{\text{SOUND}} = 630\text{MHz}$ ، ما حرم الحرة لهذه القناة التلفزيونية
- س8) ما العدد الأقصى للقنوات التلفزيونية التي يمكن إرسالها على حرة الترددات العكسية (UHF) المخصصة للإرسال التلفزيوني على حرم عدم وجود مساهمات حارثة بين القنوات المتجاورة.

الوحدة الثانية

وحدات قياس النقل

الوحدة الثانية: وحدات قياس النقل

1-2 قياس الإشارات الدورية

إن الإشارات التي نتعامل معها في دراستك هي الإشارات الدورية (إشارات جيدة تحبداً حيث أن الإشارات الدورية يمكن التعبير عنها بشكل إشارات جيوية) لكن يجب أولاً مراجعة بعض المصطلحات المهمة للعلاقة الجيوية، وهي: الاتساع، التردد والطور.

الانساع (Amplitude) هو أكبر قيمة تنصها الإشارة بعده عن مركزها (الصفر).

التردد (Frequency) عدد ديفيات أو امتروات الإشارة في الثانية للوحدة ووحدة الهرتز Hz

لطور (Phase): هي الزاوية التي تتقدم أو تتأخر بها الإشارة عن الإشارة المرجعية

مثال: ما قيمة الاتساع و التردد والطور والسرعة الزاوية للإشارة الجيوية التالية التي تمثل الفولتية

$$X(t) = 10 \sin(628t + 15^\circ)$$

$$A = 10 \text{ V}$$

$$F = 628/2\pi = 100 \text{ Hz}$$

$$\phi = 15^\circ$$

$$\Omega = 628 \text{ rad/sec}$$

عد حساب الاتساع يجب الإشارة إلى الوحدة المستخدمة، يمكن أن يقاس الاتساع الفعالة للوحدة (V_p)، أو يقاس من القمة العليا إلى القمة السفلى (V_{pp})، أو يقاس بالقيمة الفعالة (V_{rms})

$$V_{p-p} = 2 * V_p$$

$$V_{rms} = 2 * V_p / \sqrt{2} = V_{p-p} / \sqrt{2}$$

في المثال السابق يمكن حساب الاتساع بالمعيار الثلاثة على النحو التالي:

$$V_p = 10 \text{ V}$$

$$V_{p-p} = 2 * V_p = 20 \text{ V}$$

$$V_{rms} = 0.707 * V_{p-p} = 14.14 \text{ V}$$

2-2 القدرة Power

الاشارة الدورية هي اشارات قدره، ويعتمد حساب قدرة إشارة على معرفة ما تمثله تلك (الإشارة الفولتية أم تيار) ووحدة قياس القدرة هي الواط (Watt)، وقانون حساب القدرة هو:

$$P = V^2 / R = I^2 * R$$

الفولتية أو التيار في القانون أعلاه محسوب بالقيمة الفعالة (V_{rms} , I_{rms}). ويستنتج أن القدرة ذات علاقة بانساع الإشارة وليس التردد أو الطول

3-2 الكسب Gain وفقد Loss

لمفصود بالكسب الزيادة في القدرة الناتج عن الزيادة في اتساع إشارة ومن جهة أخرى فإن الفقد هو النقصان في القدرة الناتج عن انخفاض اتساع الإشارة.

يحتوي لأظمة الاتصالات على مؤثر كهربائية عديدة تعمل على زيادة أو نقصان لتساع الإشارة التي تمر من خلالها. ومن الضروري الحصول على ملام فهمنا من تفهيم مدى الكسب أو الفقد الناتج عن أي من هذه المؤثرات أو من مجموعة من المؤثرات مجتمعة سوياً

2. 4 وحدات قياس الكسب والفقد المستعملة

هناك العديد من الطرق التي تعطينا تعريف بمدى الكسب أو الفقد الناتج عن دائرة ما، بعض هذه الطرق:

أ. نمثل فقد أو كسب القدرة بالواط (watt) وذلك بحساب الفرق بين القدرة الخارجة من الدائرة والقدرة المدخلة إليها.

$$G = P_o - P_{in}$$

مثل: احسب الكسب أو الفقد في القدرة إشارة إذا كانت قدرة الإشارة المدخلة 30w وقيمة القدرة الخارجة 20w

$$G = P_o - P_{in} = 20 - 30 = -10 \text{ watt}$$

الإشارة السالبة دلالة على أن الحالة هنا فقد وليس كسب للقدرة وهذا يدعي حيث أن القدرة الخارجة أقل من القدرة الداخلة للدائرة.

ب. نمثل الفقد أو الكسب بالنسبة بين القدرة الداخلة والقدرة الخارجة.

$$G = P_o / P_{in}$$

في هذه الحالة إذا كانت قيمة الكسر أكبر من 1 فهناك كسب للقدرة، وإذا كانت قيمة الكسر أقل من 1 فهي حالة فقد للقدرة.

ح. تمثيل الكسب أو الفقد بلوغا يتم بحصة القدرة الخارجة إلى القدرة الداخلة وتسمى الوحدة المستخدمة "البل"، وهذه أفضل الطرق المستخدمة لحساب الكسب والفقد للقدرة حيث تناسب تمثيل القيم الصغيرة والكبيرة والتي نواجهها عادة في الإرسال.

$$G = \log(P_o / P_{in})$$

2-4 في الديسيبل

إن وحدة القياس الأساسية التي تمثل الفقد أو الكسب في تجهيز الإرسال هي للبل BEL نسبة للعالم A. G. BEL.

$$G_{BEL} = \text{Log}(P_o / P_{in})$$

فعندما تكون القدرة الخارجة من الدائرة أكبر عشرة أضعاف القدرة الداخلة إليها فهذا يعطي كسب مقداره 1 Bel فقط، أما إذا كانت القدرة الخارجة من الدائرة أقل عشرة أضعاف القدرة الداخلة إليها فهذا يعطي كسب مقداره 1- Bel أو بمعنى آخر فقد مقداره 1 Bel.

يميز 3 حالات عند استخدام الطريقة اللوغاريتمية هي:

- 1 أن تكون للقدرة الخارجة أكبر من القدرة الداخلة إلى الدائرة فهي حالة كسب وقيمة للكسب G_{BEL} موجبة.
- 2 أن تكون للقدرة الخارجة أكبر من القدرة الداخلة إلى الدائرة فهي حالة كسب وقيمة للكسب G_{BEL} موجبة.
3. أن تكون القدرة الخارجة مساوية للقدرة الداخلة إلى الدائرة فإن قيمة G_{BEL} تساوي صفر.

وجد عملي أن قيمة α_{BEL} كبيره جدا بالدرجة بمعظم التطبيقات العملية وأن للقيمة العملية للمداسية هي الديسيبل (Decibel) ويرمز بها بالرمز dB

والديسيبل لا يستخدم فقط لكسب وفقد القدرة وقد أصبح الكسب والفقد في الغالبية أو الفيلتر.

١. حساب فقد القدرة وكسبها بالديسيبل

عند الحساب بوحدة الديسيبل يعطى القانون التالي كما يلي:

$$G_{\text{dB}} = 10 \log(P_o / P_{\text{in}})$$

هذا القانون يطبق لحساب الكسب أو الفقد لدائرة واحدة فقط أما إذا كان النظام مكون من عدة دوائر متتالية فإن الكسب يحسب لكل دائرة منفصلة أولاً ثم يتم جمع كسب الدوائر للحصول على الكسب الكلي.

$$G_T = G_1 + G_2 + G_3 + \dots + G_n$$

مثال 1: ما مقدار الكسب أو الفقد لدائرة إذا كانت القدرة الداخلة تساوي 1W والقدرة الخارجة 0.1W ؟

$$G_{\text{dB}} = 10 \log(P_o/P_{\text{in}}) = 10 \log(0.1/1) = -10 \text{ dB}$$

مرة أخرى نجد للإشارة السالبة في الجواب دلالة على خسارة القدرة وليس كسب.

مثال 2: إذا كان كسب دائرة كهربائية يساوي 3dB وكانت القدرة الداخلة تساوي 10mW، فما قيمة القدرة الخارجة من هذه الدائرة؟

$$G_{\text{dB}} = 10 \log(P_o/P_{\text{in}})$$

$$3 = 10 \log(P_o/10)$$

$$P_o/10 = \log^{-1}(0.3) = 2$$

$$P_o = 10 \times 2 = 20 \text{ mw}$$

مثال 3 ما مقدار الكسب الكلي (أو الفقد الكلي) لنظام مكون من دورتين متتاليتين إذا كانت القدرة الداخلة إلى الدائرة الأولى 1w والخرج منها (وبالتالي هي الداخلة إلى الدائرة الثانية) تساوي 0.1w والقدرة الخارجة من الدائرة الثانية 0.001w ؟

نستطيع حل هذا المثال بطريقتين:

الطريقة الأولى: حساب للكسب الكلي مباشرة من القدرة الداخلة والقدرة الخارجة للنظام كله

$$G_{dB} = 10 \log(P_o/P_i) = 10 \log(0.001/1) = -30 \text{ dB}$$

الطريقة الثانية: حساب الكسب (أو الفقد) لكل دائرة ثم جمع القيمتين

$$G_{dB1} = 10 \log(P_o/P_{i1}) = 10 \log(0.1/1) = -10 \text{ dB}$$

$$G_{dB2} = 10 \log(P_o/P_{i2}) = 10 \log(0.001/0.1) = -20 \text{ dB}$$

$$G_T = G_{dB1} + G_{dB2} = (-10) + (-20) = -30 \text{ dB}$$

نجد أن قيمة الكسب الكلي المصوب بالطريقتين متطابق.

ب. حساب فقد وكسب التردد أو الجهد والديسميل

يمكن استعمال الديسميل كوحدة لقياس الفقد أو الكسب التردد أو الجهد (الفولتية)، وذلك بالاستفادة من العلاقة التي تربط القدرة بالتوتر والفولتية

$$P = V^2/R = I^2 \cdot R$$

$$G_{dB} = 10 \log(P_o/P_{in}) = 10 \log((V_o^2/R_o)/(V_{in}^2/R_{in}))$$

$$\text{If } R_o = R_{in}$$

$$G_{dB} = 10 \log(V_o^2 / V_{in}^2) = 20 \log(V_o/V_{in})$$

وينس الطريقة محصل على العلاقة بين الكسب والتيار :

$$G_{dB} = 10 \log(I_o^2 / I_{in}^2) = 20 \log(I_o / I_{in})$$

نلاحظ أنه عند الحديث من كسب (أو فقد) دائرة فهو نفسه سواء كانت الحسابات للقدرة أو الجهد أو التيار، أي إذا كان كسب دائرة كهربائية 2dB فهذا يعني أن كسب القدرة 2dB وكسب الجهد والتيار أيضا 2dB

مثال 1 إذا كان الجهد الدخل لمكبر 1V 0 والجهد الخارج 2V، احسب مقدار الكسب للدائرة على أساس أن المقاومة للدخلة والخارجة متساويتين

$$G_{dB} = 20 \log(V_o / V_{in}) = 20 \log(2/1) = 26 \text{ dB}$$

مثال 2 إذا كان التيار الدخل للمكبر المذكور في السابق يساوي 2mA

فما قيمة التيار الخارج منه؟

$$G_{dB} = 20 \log(I_o / I_{in})$$

$$26 = 20 \log(I_o / 0.02)$$

$$I_o / 0.02 = \log^{-1}(1.3) = 20$$

$$I_o = 0.4 \text{ A} = 400 \text{ mA}$$

مثال 3، إذا كانت القدرة الخارجة من المكبر المذكور في المثالين (1) و

(2) تساوي 50W فما قيمة القدرة الداخلة إليه؟

$$G_{dB} = 10 \log(P_o / P_{in})$$

$$26 = 10 \log(50 / P_{in})$$

$$P_{in} = 50 / \log(2.6) = 0.13 \text{ W}$$

2-4-2 مستوى القدرة المطلقة "dBm"

إن استعمال وحدة الديسيبل يكون لقياس نسبة القدرة (نسبة القدرة الخارجة إلى القدرة الداخلة) أو معدل القدرة وليس وحدة تقاس القدرة المطلقة

وعندما نحدد العقد أو الكسب في دائرة بالديسيبل لا نحلي أي إشارة بقيمة القدرة الداخلة أو القدرة الخارجة للدائرة، فإذا كان كسب دائرة كهربائية 1 dB مهد يعطينا معلومة أن القدرة الخارجة عشرة أضعاف للقدرة الداخلة بعض النظر عن القيمة الفعلية لهذه القدرة الداخلة.

ونتبسيط حسابات وقياسات لإرسال تمثل القدرة بوحدة القدرة المطلقة dBm وينعكس الطريقة اللوغاريتمية بالنسبة إلى مرجع مستوى القدرة المحدد (1mwatt):

$$\text{dBm} = 10 \text{ Log(Power in mw/1mw)} \text{ (مستوى القدرة)}$$

وهكذا نحدد وحدة dBm مستوى القدرة (الداخلة أو الخارجة لنقطة) بينما يعطينا وحدة الديسيبل قيمة الكسب أو الفقد للدائرة نفسها.

ومرة أخرى بسبب استعمال الطريقة اللوغاريتمية نستطيع أن نميز 3 حالات لحساب مستوى القدرة المطلقة

1. إذا كان مستوى القدرة للمقاس يساوي 1mw فإن dBm يساوي صفر

2. إذا كان مستوى القدرة للمقاس أكبر من 1mw فإن dBm يساوي له بقيمة موجبة.

مثال نحسب مستوى القدرة بوحدة dBm لقدرة قيمتها 20mw

$$\text{dBm} = 10 \text{ Log(Power in mw/1mw)} = 10 \text{ Log}(20/1) = 13 \text{ dBm} \text{ (مستوى القدرة)}$$

3. إذا كان مستوى القدرة للمقاس أقل من 1mw فإن dBm يساوي له بقيمة سالبة

مثال: حسب مستوى القدرة بوحدة الـ dBm لقوة قيمتها

$$0.1 \text{ mw}$$

$$dBm = 10 \text{ Log(Power in mw/1mw)} = 10 \text{ Log}(0.1/1) =$$

$$-10 \text{ dBm (مستوى القدرة)}$$

نلاحظ أن حساب القدرة المطلقة dBm لا يعتمد على كسب الدائرة أو

قيمة مقاومتها ولكنها تسهل حسابات الدائرة فعندما تكون كل من القدرة المدخلة

إلى الدائرة والقدرة الخارجة منها ممثلين بالقدرة المطلقة dBm يمكن حساب

كسب (أو فقد) للدائرة بسهولة بحساب الفرق بينهما:

$$G_{dB} = dBm_o - dBm_{in}$$

أي أن :

كسب الدائرة (أو فقد) = مستوى القدرة الخارجة - مستوى القدرة

المدخلة

مثال: إذا كان مستوى الإشارة المدخلة على دائرة مكبر تضاهي $P_{in} = 2$

dBm ومستوى الإشارة الخارجة يساوي $P_o = 4 \text{ dBm}$ ، فما مقدار كسب ذلك

المكبر ؟

$$G_{dB} = dBm_o - dBm_{in} = 4 - 2 = 2 \text{ dB}$$

مثال 2: إذا كان مقدار كسب دائرة كهربائية 0dB ، ومستوى القدرة

المدخلة يساوي $P_{in} = 7 \text{ dBm}$ فما مستوى القدرة الخارجة ، وما قيمة القدرة

الخارجة بالواط ؟

$$dBm_o = G_{dB} + dBm_{in} = 10 + 7 = 17 \text{ dBm}$$

$$= 10 \text{ Log(Power in mw/1mw)}$$

$$P = 1 \text{ mw} * \text{Log}^{-1}(0.3) = 2 \text{ mw}$$

2-4-3 مستوى الفولتية "dBr"

طريقة أخرى لقياس مستوى الإشارة هو قياس مستوى الفولتية "dBr".
وعليه لاختيار قيمة المقاومة للدائرة عند النقطة المراد قياس الفولتية عند. وتعد
القيمة الثابتة المعيارية للترددات الصوتية $R=600\Omega$ بمعنى آخر إذا كان لدينا
دائرة قيمة مقومة م لها يساوي $R=600\Omega$ فهذا يعني أن معنى الفولتية
يساوي لمعنى القدرة عند تلك النقطة (Identical)

كأن أن للمعنى المرجعي لقياس مستوى القدرة dBm محدد (1mw).
يجب أن نحدد قيمة الفولتية المرجعية لحساب مستوى الفولتية dBr

$$P = V^2 / R$$

$$V_{\text{ref}} = \sqrt{P \cdot R} = \sqrt{1\text{mw} \cdot 600} = 0.775 \text{ V}$$

نستطيع حساب مستوى فولتية إشارة عند نقطة معينة على المحوئالي

$$(dBr)_{\text{مستوى الفولتية}} = 20 \text{ Log } (V / 0.775)$$

مثال لحساب مستوى فولتية إشارة dBr إذا كانت قيمة الفولتية يساوي
50mV

$$dBr = 20 \text{ Log } (V / 0.775) = 20 \text{ Log } (0.05 / 0.775) = -23.8 \text{ dBr}$$

(معنى الفولتية)

العلاقة بين مستوى الفولتية dBr ومستوى القدرة dBm

ذكرنا سابقاً أن مستوى القدرة dBm لنقطة يساوي مستوى الفولتية dBr
لها إذا كانت مقاومة تلك النقطة $R=600\Omega$ ، لكن لإيجاد العلاقة العامة بين
مستوى القدرة ومستوى الفولتية (مهم كانت قيمة المقاومة)، يجب الرجوع
للمعادلة الأصلية ونجد أن

$$\begin{aligned}
\text{مستوى القدرة (dBm)} &= 10 \log(P/0.001) = 10 \log((V^2/Z)/0.001) \\
&= 10 \log((V^2/Z)/(0.775^2/600)) \\
&= 10 \log((V/0.775)^2 * (600/Z)) \\
&= 10 \log(V/0.775)^2 + 10 \log(600/Z) \\
&= 20 \log(V/0.775) + 10 \log(600/Z) \\
&= \text{مستوى الفولتية (dBv)} + 10 \log(600/Z) \\
\text{dBm} &= \text{dBv} + K
\end{aligned}$$

أي أن:

$$\text{مستوى القدرة (dBm)} = \text{مستوى الفولتية (dBv)} + 10 \log(600/Z)$$

حيث: Z هي ممانعة الدائرة عند النقطة المقس عند مستوى الإشارة.

مثال 1. أثبت أن مستوى القدرة dBm يساوي مستوى الفولتية dBv إذا

$$R=600\Omega$$

$$\text{مستوى القدرة (dBm)} = \text{مستوى الفولتية (dBv)} + 10 \log(600/Z)$$

$$= \text{مستوى الفولتية (dBv)} + 10 \log(600/600)$$

$$= \text{مستوى الفولتية (dBv)} + 0 = \text{مستوى الفولتية (dBv)}$$

مثال 2. إذا كان مستوى الفولتية dBv قد حُلَّت إلى دائرة يساوي

30dBv، احسب قيمة مستوى القدرة dBm إذا كانت الممانعة تساوي.

$$R_1=60\Omega, R_2=600\Omega; R_3=6000\Omega$$

$$\text{dBm}_1 = \text{dBv} + 10 \log(600/60) = 30 + 10 = 40 \text{ dBm}$$

$$\text{dBm}_2 = \text{dBv} + 10 \log(600/600) = 30 + 0 = 30 \text{ dBm}$$

$$\text{dBm}_3 = \text{dBv} + 10 \log(600/6000) = 30 - 10 = 20 \text{ dBm}$$

مثال 3: إذا كان مستوى الفولتية يساوي 4dBm ومستوى القدرة يساوي - 2dBm، فما قيمة معاوقة الدائرة؟

$$\text{dBm} = \text{dBr} + 10 \text{ Log}(600/Z)$$

$$-2 = 4 + 10 \text{ Log}(600/Z)$$

$$600/Z = \text{Log}^{-1}(-0.6) = 0.25$$

$$Z = 600/0.25 = 2389\Omega$$

مثال 4. الإشارة الداخلة إلى مكثف لها العلاقة الجيبية التالية $X(t) = 2\sin(200t)$ ، والإشارة الخارجة $Y(t) = 4\sin(200t + 20^\circ)$ ، ومقاومة محل الدائرة $R = 2K\Omega$ احسب كل مما يأتي:

1. مستوى القدرة بالإشارة الداخلة.
2. مستوى الفولتية بالإشارة الداخلة.
3. كسب أو فقد الدائرة على تردد أن معاوقة المدخل والمخرج متساويان.

الحل

$$V_{in}^2 R = (0.707 * 2)^2 / 2000 = 1\text{mw} \quad P_{in} =$$

$$\text{dBm}_{in} = 10 \text{ Log}(1\text{mw}/1\text{mw}) = 0 \text{ dBm}$$

$$2. \text{dB}_{in} = 20 \text{ Log}((0.707*2)/0.775) = 5.23 \text{ dB}$$

$$3. G_{dB} = 20 \text{ Log}(V_o/V_{in}) = 20 \text{ Log}(4/2) = 6 \text{ dB}$$

مرة أخرى نؤكد أن حساب الكسب أو الفقد يكون للإشارة نفسها، أما حساب المستوى (قدرة أو فولتية) يكون بالإشارة سواء الداخلة إلى الدائرة أو الخارجة منها

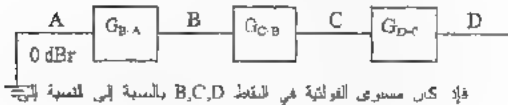
2-4-4 مستوى المرجع dBr

مستوى المرجع هو المستوى في نقطة واحدة هي القدرة مقارنة بالمستوى نفس الإشارة في نقطة أخرى في نفس الدائرة تسمى 'نقطة للمرجع' أو 'نقطة مستوى المرجع الصري' أي "Point of Zero Relative Level"

والفائدة من أخذ المستويات في نقاط الدائرة المختلفة نسبة إلى مستوى المرجع هو تسهيل حساب الكسب أو الفقد لأي جزء من تلك الدائرة

ملاحظة أن مستوى الفولتية لنقطة بالنسبة إلى مرجع لا يعطى مستوى الفولتية الحقيقي تلك النقطة

مثال، في النظام التالي اعتبرنا النقطة A هي نقطة المرجع وبالتالي مستوى الفولتية عندها يساوي 0dBr ، ولا يفترض أن تكون نقطة المرجع في بداية النظام ولكن يمكن أن تكون أي نقطة في النظام.



فإذا كان مستوى الفولتية في النقاط B,C,D بالنسبة إلى النسبة إلى نقطة A هو 10, 5, 12 dBr على الترتيب، فإن من السهل حساب الكسب أو الفقد لكل دائرة بين أي نقطتين في النظام

$$G_{C-B} = dBr_C - dBr_B = (-5) - (-10) = 5 \text{ dB}$$

$$G_{D-C} = dBr_D - dBr_C = 12 - (-5) = 17 \text{ dB}$$

$$G_{D-B} = dBr_D - dBr_B = (12) - (-10) = 22 \text{ dB}$$

أو

$$G_{D-B} = G_{D-C} + G_{C-B} = 17 + 5 = 22 \text{ dB}$$

2-4-5 مستوى القدرة النسبي dBm

في أنظمة الاتصالات يقوم المرسل بإرسال إشارات المطلوبة أو المرغوبة (Desired Signal) كالإشارة الصوتية أو الراديو أو غيرها، وبكس يرافق هذه الإشارات لإرسال إشارات أخرى ضرورية، ومن الأمثلة على هذه الإشارات إشارة الدليل (Pilots) أو للتأشير (Signaling)، أو إشارات غير مرغوبة مثل التشويش (Noise) أو تداخل الكلام (Cross Talk)

ولا بد من وسيلة للمقارنة بين الإشارة الأساسية وأي من هذه الإشارات (الظواهر) ولهذا الغرض نستخدم المصطلح dBm على سبيل المثال ي كن مستوى التشويش -3dBm فهذا يعني أن مستوى القدرة لهذا التشويش يسوي 3dBm عند نقطة المرجع 0dBm.

ومن النديهي بما أن الإشارة المرغوبة تكون مصحوبة بالإشارات المتكورة الأخرى فعندما تمر خلال إحدى الدوائر فإنها تتعرض لنفس التأثير بعد مرور الإشارة للصوتية خلال مكبر وتعرضت لكسب مقداره 20dB فهذا يعني بالضرورة تكبير إشارة الدليل والتشويش وغيرها من الإشارات المصاحبة بنفس مقدار الكسب 20dB مرورها من نفس المكبر، فيبقى الفرق بين مستوى الإشارة ومستوى الدليل مثلاً بنفس القيمة.

وبصورة عامة عند نقطة المستوى النسبي L dBm حيث أن أي ظاهرة لها مستوى قدرة مطلقة Y dBm، فإن مستواها X dBm يعطى بالعلاقة التالية

$$X \text{ dBm} = Y \text{ dBm} - L \text{ dB}$$

مثال 1. إذا كان المستوى النسبي للقوة يسوي 3dBm وكان مستوى

القوة المطلقة للتشويش 12dBm ومستوى القدرة المطلقة للدبل 2dBm
فاحسب مستوى القدرة النسبي لكل منهما.

لإشارة التشويش

$$X \text{ dBm} = Y \text{ dBm} - L \text{ dB} \quad (-12) - (-3) = -9 \text{ dBm}$$

لإشارة الدليل

$$X \text{ dBm} = Y \text{ dBm} - L \text{ dB} = (2) - (3) = -1 \text{ dBm}$$

مثال 2 إشارة صوتية مضخمت بمقدار 10dB بواسطة مصحح، فإذا كان

مستوى القدرة للمدخلة إشارة لتأثير المصاحح تلك الإشارة الصوتية 6dBm
فكم تصبح قيمة المستوى بها بعد الخروج من ذلك المكبر؟

الحل: إن إشارة التناخير تمر بنفس المكبر الذي يمر منه الإشارة
الصوتية وبالتالي تتعرض لنفس التكبير 10dB وبالتالي فإن قيمة المستوى
النسبي لها بعد الخروج من المكبر تساوي:

$$X \text{ dBm}_{\text{(output)}} = X \text{ dBm}_{\text{(input)}} + G = 6 + 10 = 16 \text{ dBm}$$

2-5 تضخيم الإشارة Amplification of Signal

التضخيم : هو عملية تكبير للإشارة وذلك بزيادة انساعها مما يؤدي إلى
زيادة القدرة والمستوى لكثافة الإشارة والجهد الذي يقوم بعملية التكبير هو
المصحح (Amplifier) والذي يتكون أساساً من الترانزستور وتختلف نسبة
التكبير اعتماد على أسلوب تركيب الترانزستور (CE, CC, CB) وطى قيم
المكونات المصنوعة له (مقاومات وغيرها).

في أنظمة الاتصالات سعي لوصول الإشارة المرغوبة بشكل واضح إلى المستقبل، ومن المتوقع أن تتعرض الإشارة إلى تضعيف في قيمها خلال المراحل المختلفة للإرسال لذلك يجب عكس هذا التأثير بمحددات المصححات في المراحل المختلفة سواء في المرسل أو المستقبل وإذا أردنا الحصول على كسب عالي نقوم بربط عدد من المكبرات على التوالي حيث يكون الكسب الكلي هو حاصل جمع كسب كل دائرة سوية، ولتمتطيع حساب الكسب للفترة أو التير أو كسب التير بالطرق التي سبق ذكرها.

مثال، إذا علمنا أن الإشارة للصوتية المرسله تتعرض لتضخيم أثناء الإرسال بمعدل 30dB وكس مقدار الكسب من المكبرات المتتطعة في النظام فقط 25dB فما قيمة كسب المكبر الذي يجب تصميمه في هذه الحالة لإلغاء تأثير ذلك التضخيم؟ وكيف يتم توصيله مع باقي المكبرات؟

يجب توصيل المكبر الإضافي على التوالي للحصول على الكسب اللازم. قيمة الكسب الذي يجب أن يوفرها ذلك المكبر تساوي:

$$\text{التضخيم} = \text{الكسب}$$

$$30 = 25 + G$$

$$G = 30 - 25 = 5\text{dB}$$

2-6 تضعيف الإشارة (Attenuation of Signal)

على عكس التضخيم هناك التضخيم، وهو نقص في شدة الإشارة المرسله مما يؤدي إلى تخفيض المستوى والقدرة. وعلى اعتبار أن الإشارة هي أحد أنواع الطاقة فعندما يتم نقل الإشارة عبر خطوط الإرسال فإن الطاقة تفقد قبل أن تصل إلى نقطة الاستقبال.

وتتعدد هذه الخسائر بطرق عدة منها.

1. فقد الإشعاع Radiation Losses وهو الصياح في طاقة الموجة الكهرومغناطيسية المرسدة عبر الهوائي في الهواء

2. حرارة التوصيل Conductor Heating . وهو المفقود في طاقة الإشارة الكهربائية وتحولها إلى شكل آخر من الطاقة هو "الحرارة"،
والنتيجة عن الموصلات الموجودة في الدائرة.

3. حرارة العنبر Insulator Heating وهو المفقود في طاقة الإشارة الكهربائية وتحولها إلى شكل آخر من الطاقة هو "الحرارة"،
والنتيجة عن العنبر الموجود في الدائرة

و لأنواع المذكورة غير مرغوب ولا يمكن التحكم بها. ولكن يوجد في بعض الأحيان فقد صناعي Artificial Losses تسببه لمضخم أو المصغف التي توضع في الدائرة لتضعيف الإشارة بشكل مقصود لأسباب معينة منها

1. القياس، عندما تكون حدود أجهزة القياس أصغر من الإشارات التي نتعامل معها لاحتاج لإضعافها

2. المرح؛ تتطلب بعض عمليات التعديل حدود معينة لقيمة (التضاعف) الإشارة مضطر إلى إضعافها. يد كتاب الإشارة أكبر من القيمة المحددة.

3. مستوى التحكم.

وينتج التضعيف بسبب المقاومات بحيث يمكن أن يكون التضعيف (أو الفولت) ثابت أو متغير جعل المقاومة ثابتة أو مقاومة متغيرة (Potentiometer)

2-7 توليد الإشارة وإرسالها

تتكون عملية الإرسال من مراحل متعددة، مرحلة في المرسة (Transmitter) وأخرى في المستقبل (Receiver) بالنسبة للمرسة أو مرحلة تشمل تحويل الإشارة للفيزيائية (صوت أو صورة) القادمة من المصدر إلى إشارة كهربائية بواسطة للجهاز المحوّل المناسب (ميكروفون أو كاميرا) تتبع ذلك مرحلة تكبير للإشارة (Amplification)، ثم مرحلة لتعديل "Modulation" (تحويل الإشارة ذات التردد المنخفض على إشارة أخرى ذات تردد عالي للتمكن من إرسالها مسافات كبيرة) ثم تمر الإشارة المعدلة الناتجة بمرحلة تكبير أخرى قبل إرسالها عبر الهوائي (Antenna) وتحويلها إلى موجة كهرومغناطيسية

ومن الجهة الأخرى في المستقبل، يقوم هو آتي المستقبل بالانفاط للموجة الكهرومغناطيسية "RF" وتحويلها إلى إشارة كهربائية معدلة مرة أخرى، نايها مرحلة تكبير ثم عملية عكس التعديل للمصنوع على الإشارة الكهربائية المطلوبة "AF" ونحتاج مرحلة تكبير أخرى قبل إدخال الإشارة على الجهاز الضروري للحصول على الإشارة الفيديائية الأصلية (سماعة "Speaker" أو شاشة عرض "Monitor") والمقصود بـ

"RF" Radio Frequency wave . هي الموجة المعدلة ذات التردد العالي.

"AF" Audio Frequency . هي الموجة الصوتية ذات التردد المنخفض.

أسئلة آخر الفصل

س1) حدد قيمة الاتساع والتردد والطور لكل من الإشارات الجيبية التالية:

1. $X(t) = 2 \sin(1000t)$
2. $Y(t) = 2 \cos(6280t + 30^\circ)$
3. $Z(t) = -5 \sin(100t)$
4. $X(t) = 10 \sin^2(200t + 10^\circ)$
5. $Y(t) = 20 \cos(314t - 60^\circ)$

س2) احسب قيمة الاتساع بالقياسات الثلاثة V_P , V_{P-P} , V_{RMS} لكل إشارة في السؤال الأول.

س3) احسب قيمة القدرة (power) لكل إشارة في السؤال الأول إذا كانت قيمة المقومة:

1. $R = 100\Omega$
2. $R = 250\Omega$
3. $R = 600\Omega$

س4) ما الوحدة لكل طريقة من الطرق الثلاث لحساب المكسب؟

س5) احسب بالواط مقدر المكسب أو الفقد في كل من الحالات التالية مبيناً نوع الحالة (كسب أم فقد).

1. قدرة الإشارة الداخلة إلى الدائرة $20W$ و قدره الإشارة الخارجة منها $60W$.

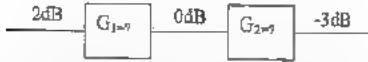
2. قدرة الإشارة الداخلة إلى الدائرة $12W$ و قدره الإشارة الخارجة منها $6W$.

3. قدرة الإشارة الداخلة إلى الدائرة $20W$ و قدره الإشارة الخارجة منها $20W$.

من 6) أعد حساب الكسب أو الفقد في السؤال 5 بطريقة البسيطة

من 7) أعد حساب الكسب أو الفقد في السؤال 5 بالطريقة التدرجية

من 8) جزء من نظام فصلات مكون من دائرتين كهربائيتين متتاليتين قدرة الإشارة المدخلة على الدائرة الأولى يساوي 2dB وللخارجة من الدائرة الأولى (المدخلة إلى الدائرة الثانية) يسوي 0dB وقدرة الإشارة الخارجة من الدائرة الثانية -3dB. لحسب مقدار الكسب أو الفقد لكل من الدائرة الأولى والثانية، ومقدار الكسب أو الفقد الكلي للنظام.



من 9) في إحدى المستقبلات تم قياس القيم التالية بدائرتين متتاليتين قدرة الإشارة المدخلة إلى الدائرة الأولى 20dB وقدرة الدائرة الثانية -2dB وقدرة الإشارة الخارجة من الدائرة الثانية 6dB. لحسب .

1. الكسب الكلي للدائرتين معاً.

2. كسب الدائرة الأولى.

3. قدرة الإشارة الخارجة من الدائرة الأولى.

4. إذا كنا نحتاج إلى رفع قدرة الإشارة إلى 3dB، فما للجهاز الضروري لذلك وكيف يتم توصيله مع الدائرتين وما مقدار الكسب أو الفقد المطلوب من ذلك الجهاز.

من 10) إذا كان كسب الترانزستور في أحد الدوائر يسوي 6dB وتيار المدخل 1mA فكم يساوي تيار المخرج؟

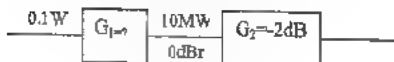
- س11) ما مقدار القدرة التي تُعطي مستوى قدرة مطابقة يسوي 3dBm ؟
- س12) إذا كان مستوى القدرة عند مخرج مصحح يساوي -14dBm ومقدّر مستوى الجهد عند مدخل المصحح يساوي -10dB ، وكسب جهد المصحح يساوي -10dB ، فما قيمة مطابقة المخرج؟
- س13) للنظام الموضح في الشكل التالي



إذا كتب قيمة قدرة الإشارة الصوتية الداخلة 0.2W وقدر الإشارة الخارجة 0.1W احسب:

1. مقدار الكسب أو الفقد في الدائرة لثانية $G2$
2. مستوى القدرة بـ dBm للقدرة الخارجة.
3. مستوى الفولتية بـ dB عند مخرج كل دائرة
4. قيمة مطابقة دائرة المخرج.

س14) للنظام الموضح في الشكل التالي:



1. احسب كسب لوحد الدائرة الأولى.

2. احسب قيمة الفوتية عند مدخل دائرة الأولى.

3. احسب ممانعة دائرة المخرج.

س15) إذا كان مقدار كسب دائرة كهربائية 10dB ومستوى القدرة الداخلة يساوي $P_{in} = 0.5\text{ dBm}$ فما مستوى القدرة الخارجة؟ وما قيمة القدرة الخارجة بالواط؟

س16) الإشارة الصوتية الداخلة إلى مكبر لها العلاقة الجيبية التالية $X(t) = 2\cos(600t)$ ، والإشارة الخارجة $Y(t) = 4\cos(600t - 120^\circ)$ ، ومقاومة مدخل الدائرة $R = 8\text{ K}\Omega$ احسب كل مما يأتي:

1. مستوى القدرة للإشارة الداخلة dBm

2. مستوى الفوتية للإشارة لدخلة dB

3. كسب أو فقد الدائرة على فرض أن مقاومة المدخل والمخرج متساويتان.

4. إذا كنا نرغب تصغير الإشارة الخارجة لعرض المرحح بحيث نحصل الاتساع إلى $2V_p$ ، فما قيمة الفقد في المضخم لواجب تركيبه؟

س17) لماذا لا يعد تصغير الإشارة المرسلة أمر مرغوب في أنظمة اتصالات؟

س18) ما مراحل إرسال واستقبال الإشارة التليفزيونية؟

الوحدة الثالثة

التعديل السعوي

Amplitude Modulation

الوحدة الثالثة: التعديل المسوي Amplitude Modulation

1-3 مبدأ التعديل Principle of Modulation

علمد أنه في أنظمة الاتصالات يقوم المرسل بإرسال الإشارات المرغوبة (المعلومات)، بالشكل الذي يضمن وصولها بشكل جيد إلى المستقبل. ويكون المرسل بالتأكد على معقدة بعيدة من المرسل "ولا فلا فائدة حقيقية من أنظمة الاتصالات فعليا". ولكن هذه الإشارات الصوتية المطلوب نقلها ذات ترددات منخفضة، فليس لها القدرة على الانتقال لمسافات طويلة فهي تتلاشى قبل الوصول لنقطة الاستقبال

وكان الحل لهذه المشكلة 'عملية التعديل'، حيث يتم تحميل إشارة المعلومات ذات التردد المنخفض (محمولة) على إشارة أخرى ذات تردد عالٍ (حاملة "Carrier")، وكأذا نستعمل الإشارة الحاملة كوسيلة مواصلات نضمن وصول الإشارة للمحمولة (المعلومة) للنقطة البعيدة.

2-3 التعديل Modulation

التعديل هو إجراء الذي يتم فيه تغيير (تعديل) في إحدى خصائص الإشارة المحملة ذات التردد العالي تبعاً للقيمة للحديث للإشارة المحملة ذات التردد المنخفض المحدودة النطاق.

أو بكلمات أخرى هي الإجراء التحويلي لإشارة المعلومات من مستوى الترددات المنخفض إلى مستوى الترددات العالي، وبمعنى آخر التعديل هو عملية إزاحة للإشارة إلى منطقة الترددات العالية.

المعصود بخصائص الموجة الحصة (لانتاع، للتردد، الصعقة "أر للطور") وبدء على ذلك يوجد ثلاثة أنواع من لتعديل هي

✓ إذا كان انتاع الإشارة الحاملة يتغير تبعاً للقيمة اللحظية لإشارة المعلومات المحمولة، فهذا النوع يدعى " للتعديل السبعوي" أو "Amplitude Modulation".

✓ إذا كان تردد الإشارة الحاملة يتغير تبعاً للقيمة اللحظية لإشارة المعلومات المحمولة، فهذا النوع يدعى " للتعديل للتردد" أو "Frequency Modulation".

✓ إذا كان طور الإشارة الحاملة يتغير تبعاً للقيمة اللحظية لإشارة المعلومات المحمولة، فهذا النوع يدعى " للتعديل للطور" أو "Phase Modulation".

كل هذه الأنواع من التعديل تتدرج تحت صنف للتعديل التماثلي Analog Modulation.

ملاحظة: كل من النوع PM و FM تدعى للتعديل الرادي Ang.e Modulation، لأن الإشارة المحمولة تسبب تغيير في رابوية الإشارة الحاملة.

3-3 أسباب استعمال التعديل في أنظمة الاتصالات

في أنظمة الاتصالات تحتاج لإجراء عملية للتعديل لعدة أسباب نوصيها من خلال النقاط التالية:

1. استعمال هوائي بطول مناسب، يعوم الهوائي بالنقاط للإشارات، ويتناسب طول الهوائي تناسب عكسي مع تردد الإشارة المستعمل في الإرسال وبالتالي طويها مع الطول الموجي للإشارة فلأرسلت

الإشارة الصوتية مباشرة بدون تعديل ههد يعني تردد منخفض وبالتالي هوائي ذو طول كبير يتناسب مع الطول الموجي للإشارة والذي يماوي (C/F) وكه نعم أن التيارات الصوتية ههف ترددات (20KHz - 20Hz)، وبالتالي لانتقاط ههه الإشارة يحتاج إلى هوائي يتناسب طوله مع الطول للموجي لههه الإشارة والذي يماوي:

$$\lambda = c/f = 3 \times 10^8 / 20 \times 10^3 = 15 \text{ Km}$$

وهو طول كبير جدا ليس قابل للتطبيق الفعلي سواء للمرسلات أو المستقبيلات.

2. استخدام هوائي ثابت الطول مرة أخرى مرجع إلى نذكر قيمة ترددات الإشارة الصوتية ولفي تتراوح بين (20KHz - 20Hz) وطول الهوائي يجب أن يتناسب مع كل ههه الترددات، فإذا تم إرسال الإشارة مباشرة بدون تعديل هيجب أن يتناسب طول الهوائي مع مدى الترددات (20KHz - 20Hz) ههكون للنسبة بين أقل وأكبر طول للهوائي 1000.1، أما إذا تعسف الإشارة هههت تردد 1MHz فإن مدى الترددات هيصبح 1000020MHz (1 02MHz) ههكون النسبة بين أقل وأكبر طول للهوائي (1 1.02) وهي نسبة قليلة هيمكن استخدام هوائي بطول ثابت

3 استخدام الإرسال لمتعدد القنوات "Multiplex.ng" أي أن نتمكن من إرسال أكثر من قناة (هيمعنى آخر أكثر من موجة محدولة) في نفس الوقت، فالإشارات الصوتية كلها لها نفس التردد فإذا أردنا إرسال أكثر من إشارة في نفس الوقت بدون تعديل فإن ههه الإشارات سواه تتداخل مع بعضها البعض ولكن إذا تم تعديل

(إزالة التردد) كل إشارة بتعدد مختلف فيمكن عندئذ إرسال أكثر من قناة في نفس الوقت دون تداخلهم.

4 حماية وحفظ إشارة للمعلومات المحمولة من العوامل الطبيعية إذا تم إرسال الإشارة للصوية مباشرة بدون تعديل فسوف تتأثر تأثير كبير بالعوامل الجوية المختلفة كالرياح والأمطار والرطوبة وغيره، كما ستتعرض لتأثيرات الطبيعة كالانضغاط مثل الجبال والقتال وما إلى ذلك

5. نلاحظ على مشاكل انتشار الموجات "Wave Propagation" حيث أن انتشار الموجات ذات التردد العالي أفضل من انتشار الموجات ذات التردد المنخفض لثني تواجه صعوبة في انتشارها

6 التقليل من التشويش والتداخل باستخدام أنواع معينة من التعديل مثل FM

3 4 أنواع التعديل

يختلف أنواع الإشارات يعطى أنواع مختلفة من التعديل وعدد الحديث عن أنواع التعديل، يستطيع أن يميز ثلاثة أنواع منه، هي

3 4-1 التعديل التماثلي (Analogue Modulation): هو التعديل الذي يستخدم مع الإشارات المستمرة (Continuous Signals) أي الإشارات المتصلة التي لا يجد قطع بين نقاطها وتكون الإشارة المحملة ليست إشارة مستمرة، وأجزاء التعديل التماثلي هي:

1 التعديل السعوي (Amplitude Modulation (AM)

2 التعديل الترددي (Frequency Modulation (FM)

3. تعديل الطور أو الصيغة (PM) Phase Modulation

وسوف نتطرق لكل نوع من هذه الأنواع بالتفصيل في الوجدت (3,4).

3-4-2 تعديل النبضي التماثلي (Analogue Pulse Modulation)

هو التعديل الذي يستخدم مع الإشارات المنقطعة (Discrete Signals) وهي الإشارات ذات القيم المحددة ولكن نقاطها غير متصلة مع بعضها البعض ومن أنواع التعديل النبضي التماثلي هي:

1. تعديل اتساع النبضة Pulse Amplitude Modulation (PAM).

2. تعديل عرض النبضة Pulse Width Modulation (PWM).

3. تعديل مكان النبضة Pulse Phase Modulation (PPM).

وسوف نتطرق لكل نوع من هذه الأنواع بالتفصيل في الرصد الخامسة

3-4-3 تعديل النبضي الرقمي (Digital Pulse Modulation)

هو التعديل الذي يستخدم مع الإشارات الرقمية (Digital Signals). وهي الإشارات ذات القيم المحددة (1,0). ومن أنواع التعديل النبضي الرقمي هي:

1. الإزاحة السعوية Amplitude Shift Keying (ASK).

2. الإزاحة الترددية Frequency Shift Keying (FSK).

3. الإزاحة الطورية Phase Shift Keying (PSK).

وسوف نتطرق لكل نوع من هذه الأنواع بالتفصيل في الوحدة السادسة

وهناك أنواع أخرى من التعديل سنتطرق لكل منها فيما بعد.

3-5 التعديل السعوي، Amplitude Modulation

التعديل السعوي (AM) هو تغيير لنساع الموجة الحاملة (Carrier Signal) العالية التردد تبع لتغير القيمة اللحظية لموجة المعلومات المحمولة (Information Signal) مع بقاء تردد وهور الموجة الحاملة ثابتين

وسير ثلاثة أماليب للتعديل السعوي (AM):

1. إرسال الحزمتين بون الحصل Double Side Band

. Suppressed Carrier (DSB-SC)

2. إرسال الحزمتين مع الحامل Double Side Band

. Transmitted Carrier (DSB-TC)

3 إرسال حزمة جانبية واحدة Single Side Band (SSB)

وقبل الخول في تفاصيل أي أسلوب سنلقي للصوء أولا على مفهوم لحزم الجانبية (Side Band) والطيف الترندي (Spectrum) لأي إشارة لها هذا الموضوع من ارتباط قوي بدراسة التعديل.

للطيف الترندي (Spectrum) ولحزم الجانبية للإشارة (Side Band) وعرض النطاق (BW)

عدة عندما نكتب الإشارة على شكل علاقة جيبية $X(t) = V_m \sin(2\pi f_m t)$ فإن هذا التعبير يكون في المجال الزمني (Time Domain) حيث الإشارة متغيرة مع الزمن. ولكن نستطيع التعبير عن نفس الإشارة في المجال الترندي (Frequency Domain) بتحويل يدعى تحويل فوريير

(Fourier Transformation) حيث نعبر عن تغير الإشارة مع التردد، ويكون التحويل على النحو التالي.

$$\sin(2\pi f_m t) \leftrightarrow j1/2[\delta(f-f_m) - \delta(f+f_m)]$$

$$\cos(2\pi f_m t) \leftrightarrow 1/2[\delta(f-f_m) + \delta(f+f_m)]$$

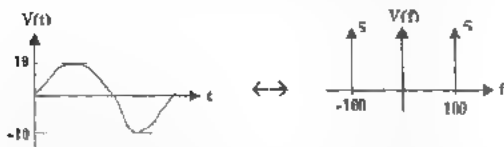
لا نهتم لفرق الطور (j) أو للإشارة السالبة، فلا فرق في دراسة بين \sin و \cos لأن ليس براسم الطور ما يهمنا في هذه المرحلة وإلا م دراسة الاتبع

نكرر ملاحظة مهمة جدا وهي أنه لا نعصب إشارة جديدة وإنما أسلوب آخر للتعبير عن نفس الإشارة.

أي أن التعبير عن إشارة جيبية في المجال الترددي يكون بوصفها (التردد السالب) كما في المثال التالي.

مثال، رسم الطيف الترددي للإشارة الجيبية، $X(t) = 10 \sin(628t)$

$$10 \sin(628t) \leftrightarrow j5[\delta(f-100) - \delta(f+100)]$$



ويسمى الرميض في التردد العالي (الموجب) بالحرمة الجانبية العليا للإشارة (Upper Side Band)، ويسمى الرميض في التردد المنخفض (السالب) بالحرمة الجانبية السفلى (Lower Side Band). وتمثل هذه الحرمة المعلومة المطلوب نقلها.

والمقصود بعرض النطاق أو عرض الحزمة (Band Width) الفرق بين أعلى وأدنى تردد توجد فيه الإشارة، وبكلمات أخرى هو مدى أو عرض الترددات التي يحتاج الموجة لحجزها من الطيف الترددي لكي لا يتم إرسالها بشكل كامل، وعرض النطاق لموجة جيبية هو

$$BW = f_1 - f_2$$

إذا كانت الإشارة مكونة من تردد واحد فإن عرض نطاقها يساوي:

$$BW = 2 * f_m$$

مثال 1. م عرض نطاق الموجة التالية $X(t) = 2 \cos(2\pi * 200t)$

$$BW = 2 * f_m = 2 * 200 = 400 \text{ Hz}$$

مثال 2، حسب عرض النطاق (BW) للإشارة الصوتية التالية،

$$X(t) = 2 \sin(314t) + 3 \cos(628t)$$

الحل. لتردد المكونين في هذه الإشارة هو:

$$F_{m1} = 314/2\pi = 50 \text{ Hz}$$

$$F_{m2} = 628/2\pi = 100 \text{ Hz}$$

وعرض النطاق للإشارة يعتمد على قيمة التردد لأعلى:

$$BW = f_1 - f_2 = 100 - 50 = 50 \text{ Hz}$$

3-5 1 التعديل الترددي بإرسال الحزمين الجانبيين بدون إرسال الحامل

(DSB-SC AM)

مبدأ هذا التعديل بتغيير اتساع الموجة الحاملة ذات التردد العالي تبعاً لنغمة الحظية للموجة المحمولة ذات التردد المنخفض، بحيث لا تحمل الموجة

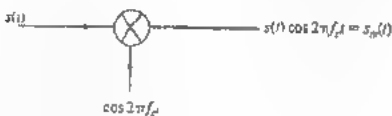
المعتمد أي معلومات عن الموجة الحاملة، وبهذا يلي شرح للصيغة الرياضية
بهدف التوضيح للفكرة:

لتفرض الإشارة للمحمولة $V_m(t)$ ، والإشارة الحاملة $V_c(t)$ ، فإن
الإشارة المعدلة هي:

$$V(t) = V_m(t) * V_c(t)$$

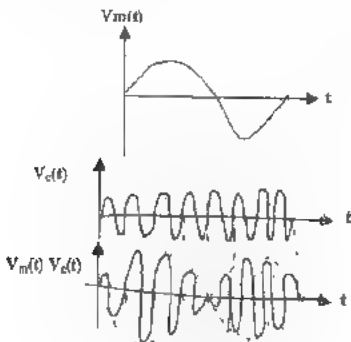
وسنستخدم التعبير عن عملية التعديل (DSB-SC) بالمخطط الصنوفي

التالي:



وهو يلي بوصف بالزمن لعملية التعديل AM DSB-SC لإشارة

جيبية:



للحصول على الإشارة المعدلة بتعديل DSB-SCAM نستخدم المعدل المتوازن " (Balanced Modulator) وهناك نوع مختلف من هذا المعدل مثل المعدل الحثي وغيرها من المعدلات

وعرض النطاق أو الحزمة (BW) لموجة المعدلة يساوي؛ والواحد من الطرفين الترددي لها هو ضعف أعلى تردد للموجة المحملة بنفس الطور عن تردد الموجة الحاملة:

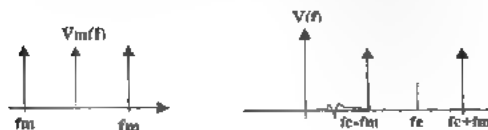
$$BW = (f_c + f_m) - (f_c - f_m) = 2 * f_m$$

ومن الواضح أن عرض النطاق (BW) هو ضعف أعلى تردد للموجة المحملة بعرض الطور عن تردد الموجة الحاملة، حيث f_m هو أعلى تردد للموجة المحملة.

مثال 1: عدلت موجة حاملة $V_c(t) = V_c \sin(2\pi f_c t)$ بموجة $V_m(t) = V_m \sin(2\pi f_m t)$ فالإشارة المعدلة

$$\begin{aligned} V(t) &= V_m V_c \sin(2\pi f_m t) \sin(2\pi f_c t) \\ &= V_m V_c / 2 [\cos(2\pi(f_c + f_m)t) - \cos(2\pi(f_c - f_m)t)] \end{aligned}$$

نلاحظ أن عملية التعديل أزاحت التردد المنخفض إلى مستوى الترددات العالية كما يبين لطيف الترددي لكلا الموجتين (المحمولة والمعدلة):



وبلاحظ أن للموجة المعدلة تتكون من الحزمة الجانبية العليا والسفلى

حيث تردد الحزمة الجانبية العليا $f_{USB} = f_c + f_m$ يساوي

وتردد الحزمة الجانبية السفلى f_{LSB} يساوي: $f_{LSB} = f_c - f_m$

ولا توجد أي معومات متقولة على التردد الحامل لذلك يسمى هذا النوع

من التضمين "بمحو حامل Suppressed Carrier" وفي هذا إجراء تحويل

للطاقة، حيث لم نحصر أي جزء منها على الموجة الحاملة وإنما ستختلف كل

الفترة لإرسال الحزمتين الجانبيتين التي تعمل للسطوة المضروب نقلها

وبالحديث عن القدرة (power) ، فيمكننا حساب قدرة الموجة المعدلة

(modulated signal)، وللتصية الرياضية بدء على معادلة الموجة المعدلة

هي

$$P_{LSB} = V^2/2R = (V_m V_c/2)^2/2R = V_m^2 V_c^2/8R$$

$$P_{LSB} = V^2/2R = (V_m V_c/2)^2/2R = V_m^2 V_c^2/8R$$

$$P_{SB} = P_{USB} + P_{LSB} = V_m^2 V_c^2/4R$$

ملاحظة رياضية!؛ عند ضرب علاقتين جيبيتين فحاصل الضرب يكون

على النحو التالي:

$$\sin(x) * \sin(y) = 1/2 [\cos(x-y) - \cos(x+y)]$$

$$\cos(x) * \cos(y) = 1/2 [\cos(x-y) + \cos(x+y)]$$

$$\cos(x) * \sin(y) = 1/2 [\sin(y-x) + \sin(y+x)]$$

مثال 2. عدلت موجة حاملة ذات العلاقة $V_c(t) = 2 \cos(2\pi * 10^6 t)$

بموجة صوتية لها العلاقة التالفة $V_m(t) = 3 \cos(2\pi * 10^3 t)$ نحصل من معوي

DSB SC نأب على ما يلي:

1. جد الموجة المعدلة تضمين معوي DSB-SC.

2. بحسب تردد الحزمة الجانبية العليا والسفلى.

3. رسم الطيف الترددي للموجة المعدلة موضحا جميع القيم

4 بحسب قدرة الحزمة الجانبية العليا، السفلى والكلى للموجة

$$R = 900 \Omega$$

5. لحسب عرض النطاق للموجة المعدلة (BW)

الحل

$$V(t) = V_m(t) * V_c(t) \quad 1.$$

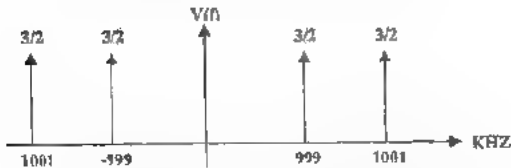
$$= 2 * 3 * \cos(2\pi * 10^6 t) \cos(2\pi * 10^3 t)$$

$$= 3 [\cos(2\pi(10^6 - 10^3)t) + \cos(2\pi(10^6 + 10^3)t)]$$

$$f_{LSB} = 10^6 - 10^3 = 999 \text{ KHz} \quad 2$$

$$f_{USB} = 10^6 + 10^3 = 1001 \text{ KHz}$$

3 الطيف الترددي للموجة المعدلة على الشكل التالي



$$P_{USB} = V^2/2R = 3^2/2 * 900 = 5 \text{ mW} \quad 4.$$

$$P_{LSB} = V^2/2R = 3^2/2 * 900 = 5 \text{ mW}$$

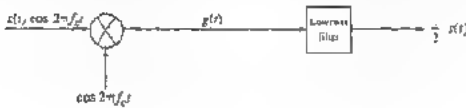
$$P_{\Sigma} = P_{LSB} + P_{LSB} = 5 \text{ m} + 5 \text{ m} = 10 \text{ mW}$$

$$BW = 2 * f_m = 2 * 10^3 = 2 \text{ KHz} \quad 5.$$

التعديل العكسي Demodulation

إذا كانت عملية التعديل ضرورية في المرسل لتأمين إرسال لمسافات طويلة وبالكفاءة التي نحققها معها، فإن من المهم أن يصغر أو يتمكّن المستقبل من استخراج إشارة للمعلومات المحمولة من الإشارة المعدلة (عملية التعديل العكسي Demodulation).

وعملية فتحين العكسي DSB-SC Amplitude demodulation يتم برحلة ضرب الإشارة للمعدة بالإشارة للخلطة مرة أخرى (معدل متوازن) فحصل على إشارةين ، أحدهما تحتوي الإشارة المطلوبة والأخرى غير مرغوبة ذات تردد عالي يمكن التخلص منها بإسعمال مصفى تمرير حزمة الترددات المنخفضة (LPF). والمخطط الصندوقي لعملية التعديل العكسي لهذا النوع هو :



وتصبح هنا مهمة لاستخدام هذا النوع من التعديل (DSB-SC) وهو أن المرسل يجب أن يولد إشارة الحاملة (إشارة لها نفس تردد الموجة الحاملة) بالصيغ ولا فطن نحصل على الإشارة المطلوبة بشكل سليم

مثال الإشارة المعطاة في المثال السابق

$$V = 3 [\text{Cos}(2\pi(10^6 + 10^3)t) + \text{Cos}(2\pi(10^6 - 10^3)t)]$$

حالات صكيب في المستقبل بإشارة $V(t) = 6 \text{ Cos}(2\pi * 10^6 t)$ فلنخرج

المعدل المتوازن مهيئ بالإشارة الكلية.

$$V_x(t) = 18 \cos(2\pi \cdot 10^6 t) [\cos(2\pi(10^6 - 10^3)t) + \cos(2\pi(10^6 + 10^3)t)]$$

ويُتَوَرَّع الصَّرْبُ وَاسْتِغْدَامُ الْمَعَادِلَاتِ الْرِیَاضِیَةِ الْخَاصَّةِ بِالْعَلاَقَاتِ الْجَیْبِیَّةِ لِمَسَدِ الْعَلاَقَةِ السَّابِقَةِ إِلَى

$$\begin{aligned} V_x(t) &= 9 \{ [\cos(2\pi(2 \cdot 10^6 - 10^3)t) + \cos(2\pi \cdot 10^3 t)] + \\ &\quad [\cos(2\pi(2 \cdot 10^6 + 10^3)t) + \cos(2\pi \cdot 10^3 t)] \} \\ 9 \cos(2\pi(2 \cdot 10^6 - 10^3)t) &+ 9 \cos(2\pi(2 \cdot 10^6 + 10^3)t) + 18 \cos(2\pi \cdot 10^3)t = \end{aligned}$$

وَبَعْدَ مَرُورِ هَذِهِ الْإِشَارَةِ بِمَصْفَى تَمْرِيدِ حَزْمَةِ الْفَرَدَاتِ الْمُنْخَصَّةِ لَا يَمُرُّ الْحَدِيثُ لِأَوَّلِ وَالثَّانِي بِسَبَبِ تَرَدُّدِهِمُ الْعَالِي وَتَمَرُّرِ الْإِشَارَةِ الْمُرْشُوبَةِ

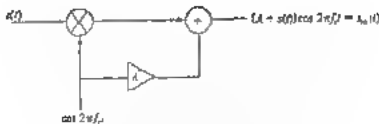
$$V(t) = 18 \cos(2\pi \cdot 10^3)t$$

مِمَّا يَثْبُتُ أَنَّنَا صَنَرَجَعْنَا الْإِثْرَةَ الْمَحْمُولَةَ (تَرَدُّدِ الْمَوْجَةِ الْمَجْمُوعَةِ) مِنْ الْإِشْرَةِ الْمَعْدَلَةِ

2-5-3 التحليل لسعوي بربسائل الحزميتين الجانبيتين مع الحامل

(DSB-TC AM)

أَنَّهُ نَوْعُ التَّعْدِيلِ السَّعْوِيِّ الَّذِي يُصَنَّفُ فِيهِ جُزْءٌ صِغَالِيٌّ مِنَ الْمَوْجَةِ الْحَامِلَةِ (Carrier) إِلَى الْمَوْجَةِ الْمَعْدَلَةِ تَعْدِيلِ سَعْوِيٍّ مِنَ النَّوْعِ السَّيْقِ (يَشُونَ الْحَامِلِ Suppressed Carrier). وَبِالْثَّانِي، يَسْتَنْجُ مِنْ هَذَا التَّعَرُّفِ أَنَّ الْمَخْطُطَ الْمَصْنُودِيَّ لِهَذَا التَّعْدِيلِ DSB-TCAM كَمَا مَوْضُوحٌ فِي الشَّكْلِ التَّالِيِّ

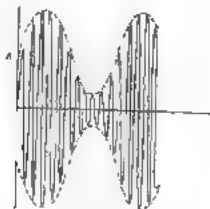


(b) Transmitted carrier



في الإضافة إلى إرسال الحزم الجانبية (USB و LSB) جزء من الحامل يرسل أيضا، ولكن المعلومات المطلوبة موجودة فقط في الحزم الجانبية أما الحزم فلا يحمل أي معلومة مما يعني أن جزء من القدرة الإرسال مبدون تصبح لإرسال جزء من الموجة الحاملة مما يجعل هذا النوع من التعديل السعوي (DSB-TC) أقل كفاءة من النوع السابق (DSB-SC).

إذا فرضنا الإشارة المحمولة $V_m(t) = V_m \sin(\omega_m t)$ وإشارة الحاملة $V_c = V_c \sin(\omega_c t)$ يلي شرح بالرسم عن شكل الإشارة المعدلة تعديل سعوي DSB-TC



6c

$A_{max} = V_c + V_m$ إلى أقصى اتساع تصله الموجة المعدلة يساوي
 بحيث أن قيمة هذا الاتساع تتغير تبعاً لتغير القيمة اللحظية للإشارة المحمولة :

$$\begin{aligned} A &= V_c + V_m \sin(\omega_m t) \\ &= V_c + m_a * V_c \sin(\omega_m t) \\ &= V_c (1 + m_a \sin(\omega_m t)) \end{aligned}$$

$$m_a = V_m / V_c \text{ حيث}$$

ويمكن تمثيل العلاقة النهائية للإشارة المعدلة بتعديل مسعوي DSB-TC
 بالمعادلة الرياضية التالية:

$$\begin{aligned} V(t) &= A \sin(\omega_c t) = V_c (1 + m_a \sin(\omega_m t)) \sin(\omega_c t) \\ &= V_c \sin(\omega_c t) + m_a V_c \sin(\omega_m t) \sin(\omega_c t) \\ &= V_c \sin(\omega_c t) + m_a V_c / 2 [\cos(2\pi(f_c - f_m)t) - \cos(2\pi(f_c + f_m)t)] \end{aligned}$$

حيث

V_c : اتساع الإشارة الحاملة (Carrier).

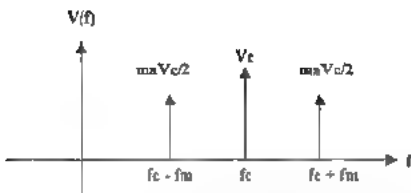
V_m : اتساع الإشارة المحمولة (Information).

$2\pi f_c - \omega_c$ = السرعة الزاوية للإشارة العائدة.

$2\pi f_m = \omega_m$ = السرعة الزاوية للإشارة المحمولة

m_a : معدل التعديل المسعوي (Modulation Index)

والطيف الترددي للإشارة المعدلة يكون على النحو التالي



حيث

تردد الحزمة الجانبية العليا يساوي $f_c + f_m$

تردد الحزمة الجانبية السفلى يساوي $f_c - f_m$

تردد الموجة الحاملة يساوي f_c

ومن الطيف الترددي للاشارة المعبرة نجد ان عرض النطاق (BW) لها

كما في التعديل السابق DSB-SC

$$BW = f_H - f_L = (f_c + f_m) - (f_c - f_m) = 2 * f_m$$

معامل التعديل (ma) Modulation Index

معامل التعديل (ma) هو نسبة أقصى اتساع للموجة المحمولة V_m إلى

اتساع الموجة الحاملة V_c :

$$m_a = V_m / V_c$$

ويمكن حساب النسبة المئوية للتعديل

$$\%mode = m_a * 100\%$$

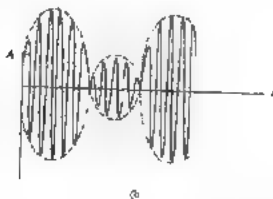
وشرط نجاح التعديل السعوي DSB-TC أن يكون اتساع الموجة المحمولة أقل من اتساع الموجة الحاملة، وبالتالي يميز ثلاثة حالات:

1 $V_c > V_m$. عندئذ تكون عملية التعديل فعالة ويحسب معامل التعديل وفقاً للقتلوس أعلاه وبالتالي فإن قيمة معامل التعديل تتراوح بين $0 < m_a < 1$

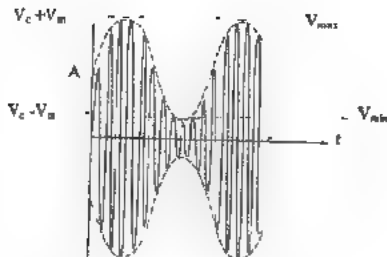
2 $V_m = V_c$ ، وهي القيمة الحرجة تجعل عملية التعديل فعالة والتي قيمة معامل التعديل لها:

$$m_a = 1 \quad \text{أو} \quad \%mod = 100\%$$

أي أن نسبة التعديل في هذه الحالة 100%، ويكون غطاء الإشارة المحطة ملائماً للمحور السيني:



3 $V_c < V_m$. عندئذ تكون عملية التعديل غير فعالة ويجب تجنب هذه الحالة بسبب حدوث مناطق تدخل للإشعاع مع نفسها ، ويمكن حساب معامل التعديل شكل الموجة المحطة كما يلي:



$$m_a = (V_{max} - V_{min}) / (V_{max} + V_{min})$$

ملاحظة: معامل التعديل للتعديل المعوي بدون حامل DSB-SC مساوي

(m) حيث

$$m_a = V_m / V_c = V_m / 0 = \infty$$

القدرة Power

من العلاقة السابقة نلمح أن المعدلة تعديل معوي DSB-TC التي

حصلنا عليها سابقاً:

$$V(t) = V_c \sin(\omega_c t) + m_a V_c / 2 [\cos(2\pi(f_c - f_m)t) - \cos(2\pi(f_c + f_m)t)]$$

نلاحظ ثلاثة أجزاء في الإشارة ندرس معنوية (الحرمة الجانبية العليا

USB ، الحرمة الجانبية السفلى LSB ، والموجة الحاملة (Carrier)) ، وبالتالي

تتسبب القدرة لكل جزء منها ومجموعها يشكل القدرة الكلية للإشارة.

وكما نعلم أن قدرة أي إشارة تعتمد على اتساع تلك الإشارة، وملاحظ من المعادلة أن اتساع الحزمة الجانبية العليا والسفلى متماثلين ويعتمد على معامل التعتيل m_a ويرى نصيا:

$$\begin{aligned} P_{USB} &= V^2/2R = (m_a V_o/2)^2/2R = m_a^2 V_o^2/8R \\ P_{LSB} &= P_{USB} = V^2/2R = (m_a V_o/2)^2/2R = m_a^2 V_o^2/8R \\ P_{SB} &= P_{USB} + P_{LSB} = m_a^2 V_o^2/4R \\ P_c &= V^2/2R = V_o^2/2R \end{aligned}$$

من معادلات القدرة التي حصلنا عليها نستطيع الحصول على الاستنتاجات التالية:

$$\begin{aligned} P_T &= P_{USB} + P_{LSB} + P_c = P_{SB} + P_c \\ &= m_a^2 V_o^2/4R + V_o^2/2R = V_o^2/2R(1 + m_a^2/2) \\ &= P_o(1 + m_a^2/2) \\ P_{USB} &= P_{LSB} = m_a^2 V_o^2/8R = P_{SB}/2 \\ P_{USB} &= P_{LSB} = m_a^2 V_o^2/8R = m_a^2 P_o/4 \\ P_{SB} &= m_a^2 V_o^2/4R = m_a^2 P_o/2 \end{aligned}$$

والحالة الخاصة للجذيرة بالدراسة عندما تكون نسبة التعتيل 100%،
وعندها:

$$\begin{aligned} P_{USB} &= P_{LSB} = P_{SB}/2 = V_o^2/8R = P_c/4 \\ P_{SB} &= V_o^2/4R = P_o/2 \\ P_T &= P_o(1 + 1/2) = 3/2 P_o \end{aligned}$$

ومن الجدير بالذكر أن قدرة الإشارة الحاملة P_c تعد قدرة ضائعة لم نلقها في حالة التعتيل فسعوي بدون حامل DSB-SC، لذلك بعد التحليل

المعوي DSB-TC أقل كفاءة ولكنه يستخدم بسبب رخص الأجهزة التي تستعمله المنتشرة بين الناس

مثال 1 ، موجة حاملة ذات تردد 8MHz تم تعديلها بتعديل معوي DSB-TC بموجة صوتية ذات تردد 10 KHz ، فما قيمة الترددات التي ستظهر في الموجة المعدلة؟ نحسب عرض النطاق (BW) ثم نرسم الطيف الترددي للموجة المعدلة مبينا جميع القيم.

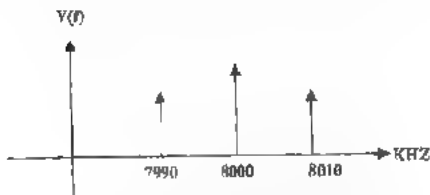
$$f_{LSB} = f_c + f_m = 8000 + 10 = 8010 \text{ KHz}$$

$$f_{USB} = f_c - f_m = 8000 - 10 = 7990 \text{ KHz}$$

$$f_c = 8 \text{ MHz} \quad \text{: تردد الحامل (Carrier)}$$

$$BW = 2 * f_m = 2 * 10 \text{ KHz} = 20 \text{ KHz}$$

الطيف الترددي للترجمة المعطاة يكون على النحو التالي.



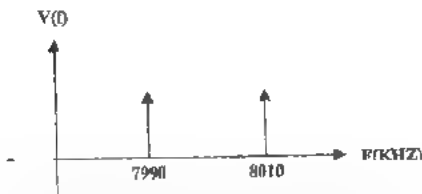
مثال 2، أعد الإجابة على المثال السابق إذا استخدم التعديل المعوي DSB-SC.

$$f_{USB} = f_c + f_m = 8000 + 10 = 8010 \text{ KHz}$$

نردد للحرمة الجانبية السفلى $f_{LSB} = f_c - f_m = 8000 - 10 = 7990 \text{ KHz}$

عرض النطاق يساوي $BW = 2 * f_m = 2 * 10 \text{ KHz} = 20 \text{ KHz}$

الطيف الترددي للموجة المعدلة يكون على النحو التالي



مثال 3: الإشارة الصوتية التالية $X(t) = 2 \sin(100t)$ عدت (إشارة

المعدلة $V(t) = 10 \cos(10^8 t)$ تعدل بسوي مع حامل DSB-FC

1. جد العلاقة النهائية للموجة المعدلة.

2. احسب معامل التعديل.

3. ارمم الطيف الترددي للإشارة المعدلة موضحا جميع القيم.

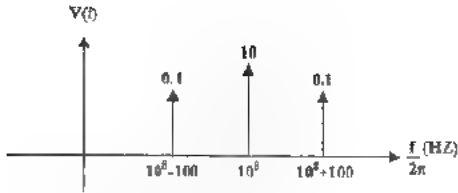
4. احسب قدرة الحرمة الجانبية العليا إذا كانت مقاومة الدائرة تساوي

$$R = 250 \Omega$$

الحل

1. $V(t) = [10 + 2 \sin(100t)] \cos(10^8 t)$

2. $m_a = V_m/V_c = 2/10 = 0.2$



$$P_{USB} = m a^2 V_c^2 / 8R = 0.2^2 * 10^2 / 8 * 250 = 2mw \quad 4$$

مثال 4: قدرة الحزم الجانبية للحدا لموجة معدلة تعديل سعري DSB-TC بمعدل 2mw، فيد، كل معدل التعديل يساوي 1 فما قيمة كل من

1. قدرة الحزم الجانبية السفلى
2. قدرة الموجة الحاملة.
3. القدرة الكلية.

الحل. في هذه الحالة المقاسة (معامل تعديل 1ma) من

$$P_{USB} = P_{LSB} = 2mw \quad 1.$$

$$P_c = 2 * P_{USB} = 2 * 2m = 4mw \quad 2.$$

$$P_T = 3/2 P_c = 3/2 * 4m = 6mw \quad 3.$$

مثال 5. أعد الإجابة على المثال السابق إذا كانت نسبة التعديل 60%

الحل. في هذه الحالة يجب أن نستخدم القانون الأصلي

$$P_{USB} = P_{LSB} = 2mw \quad 1.$$

$$P_{USB} = m_a^2 P_c / 4 \quad .2$$

$$P_c = 4 * P_{USB} / m_a^2 = 4 * 2 \text{mw} / 0.6^2 = 22.2 \text{mw}$$

$$P_T = P_c(1 + m_a^2/2) = 22.2 (1 + 0.62/2) = 26.2 \text{mw} \quad .3$$

مثال 6: إذا كانت قدرة الموجة المعدلة 23mw وقيمة القدرة الجانبية

المسمى 4mw، ما نسبة التعديل لهذا التعديل السموي DSB-FC؟

$$P_T = P_{USB} + P_{LSB} + P_c = P_{SB} + P_c$$

$$23 = 2 + 2 + P_c$$

$$P_c = 19 \text{mw}$$

$$P_{SB} = m_a^2 V_o^2 / 4R = m_a^2 P_c / 2$$

$$= 2 * 4 / 19 = 0.421 m_a^2$$

$$m_a = 0.65$$

$$\% \text{mode} = 0.65 * 100\% = 65\%$$

مثال 7: إذا أعطيت الموجة المعدلة تعديل سموي DSB-SC بالمعادلة

التالية

$$v(t) = [20 + 15 \sin(2\pi * 10^3 t)] \sin(2\pi * 10^6 t)$$

فأجب عما يلي:

1. اتساع الموجة الحاملة.

2. اتساع الموجة المحمولة

3. الترددات في هذه الموجة.

4. عرض النطاق (BW)

5. إذا كانت مقاومة الدائرة $R = 100\Omega$ فما قيمة القدرة الكلية، قدرة

الحامل وقيمة الحزم الجانبية؟

الحل .

أولا نعيد كتابة العلاقة بالصورة القياسية:

$$V(t) = 20 [1 + 0.75 \sin(2\pi \cdot 10^3 t)] \sin(2\pi \cdot 10^4 t) \quad 1.$$

$$V_c = 20 \text{ volt} \quad 1.$$

$$m_a = 0.75 \quad 2.$$

$$m_a = V_m / V_c$$

$$V_m = m_a \cdot V_c = 0.75 \cdot 20 = 15 \text{ volt}$$

$$f_{USB} = f_c + f_m = 104 + 103 = 11 \text{ KHz} \quad 3.$$

$$f_{LSB} = f_c - f_m = 10^4 - 10^3 = 9 \text{ KHz} \quad \text{تردد الحزمة الجانبية السفلى}$$

$$f_c = 10^4 \text{ Hz} = 10 \text{ KHz} \quad \text{تردد الحامل}$$

$$BW = 2 \cdot f_m = 2 \cdot 103 = 2 \text{ KHz} \quad 4.$$

$$P_c = V_c^2 / 2R = 20^2 / 2 \cdot 100 = 2 \text{ W} \quad 5.$$

$$P_T = P_c (1 + m_a^2 / 2) = 2(1 + 0.75^2 / 2) = 2.56 \text{ W}$$

$$P_{SB} = P_T - P_c = 2.56 - 2 = 0.56 \text{ W}$$

$$P_{LSB} = P_{USB} = P_{SB} / 2 = 0.56 / 2 = 0.28 \text{ W}$$

التعديل العكسي Demodulation

لـ لتعديل العكسي بهذا النوع أسهل من التعديل العكسي للنوع السابق، وذلك لوجود الحامل في الموجة المعدلة فيستغاث من هذه الميزة حيث لا يحتاج في التعديل إلى توليد إشارة مطابقة للموجة الحاملة (وهو الأمر الذي يشكل مشكلة في التعديل العكسي لموجة معدبة DSB-SC).

فأسلوب التعديل العكسي الذي يتمثل مع هذا النوع يمكن وصفه بالمخطط الصندوقي التالي.



بالكلمات فإن خطوات التعديل العكسي يمكن أن تلخص بدائرة تربيع ثم مصفى تمرير حزمة ترددات منخفضة ثم دائرة جذر تربيعي ومكثف وبعدها يلي إثبات رياضي بالمعادلات تعصين المرحلة للمحمولة من المعدلة بهذه الطريقة

معدلة الموجة المعدلة الداخلة الى لدائرة الأولى هي:

$$V(t) = A \sin(\omega_c t) = V_c (1 + m_a \sin(\omega_m t)) \sin(\omega_c t)$$

الإشارة الناتجة بعد عملية التربيع هي

$$V^2(t) = (V_c + V_c m_a \sin(\omega_m t))^2 \sin^2(\omega_c t)$$

$$= (V_c + V_c m_a \sin(\omega_m t))^2 (1 - \cos(2\omega_c t)) / 2$$

$$1/2 (V_c + V_c m_a \sin(\omega_m t))^2 - 1/2 (V_c + V_c m_a \sin(\omega_m t))^2 \cos(2\omega_c t)$$

بعد مرور الإشارة الأخيرة بمصفى حزمة الترددات المنخفضة (LPF):
 الإشارة الباقية للناتجة من المصفى هي:

$$V_o(t) = 1/2 (V_c + V_c m_a \sin(\omega_m t))^2$$

وبعد تمرير الإشارة الأخيرة بدائرة الجذر التربيعي تصبح الإشارة بالشكل التالي:

$$V_o(t) = 1/\sqrt{2} (V_c + V_c m_a \sin(\omega_m t))$$

وبتمرير الإشارة الأخيرة بمكثف فإن الإشارة الثابتة (DC) لا يمر،
 والإشارة المتبقية على المخرج هي:

$$V_o(t) = 0.707 V_c m_a \sin(\omega_m t)$$

والإشارة الأخيرة هي الإشارة للمحمولة المطلوبة (التردد المرغوب)
 والتي استقبلت بنجاح.

ملاحظة لا تعمل لأجهزة التشفير المعدل السعوي DSB-IC، لكي لا يسهو على الغير النقاط لإشارته وإنما يعتمد الطرق التي لا تحمل أي معلومة من تردد الموجة الحاملة.

3-3-3 التشفير السعوي بإرسال حزمة جانبية واحدة

Single Side Band (SSB)

من الملاحظات التي حصلنا عليها من كلا النوعين السابقين للتشفير السعوي DSB-SC و DSB-TC:

1. أن المعلومة المطلوب إرسالها تكون محتوية في النطاق الجانبي.
 2. أن إرسال الموجة الحاملة في DSB-TC سبب ضيق مقدر من القدرة
 3. أن الحزمة الجانبية العكس تحمل نفس المعلومة التي تحملها الحزمة الجانبية السفلى في كلا النوعين.
- مستخرج من هذه الملاحظات أنه يكفي بالعرض إرسال حزمة جانبية واحدة (العليا أو السفلى) ليتم إيصال المعلومة كاملة إلى المستقبين بدون حسارة، بل بتوفير مقدار كبير من القدرة لمطلوبة (والتي تصل إلى نصف القدرة اللازمة في حالة DSB-SC).

ويسمى هذا النوع من أنواع التشفير السعوي بتشفير الحزمة الجانبية الواحدة (SSB). وللفائدة الأخرى التي حصلنا من هذا التشفير هو توفير عرض نطاق للموجة المرسل إلى النصف حيث:

$$BW = f_m$$

وبذلك طريقتي لإرسال الحزمة الجانبية المعدلة (SSB) هم

1. طريقة التصفية Filter Method .

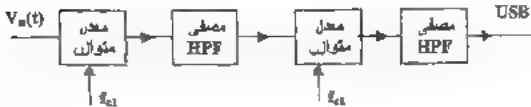
2. طريقة الصفحة Phase Method

3-5-1 طريقة التصفية Filter Method

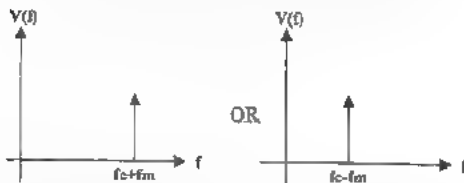
نتلخص هذه الطريقة ببوليد لحرمتين الجانبيتين لإنتاج الموجة المحمولة (دات التردد f_m) والموجة الحاملة (دات التردد f_c) على معدل متوارى (إنتاج الموجة المعينة تعديل سعوي (DSB-SC) ثم إدخال هذه الموجة للمحلاة (التي تهوي لحرمتين الجانبيتين للعلب والمعلل أي لترددين $f_m + f_c$ و $f_m - f_c$) على مصفى تمرير حرمة وسيطة عالية (Band Pass Filter) إذ أرمدا للحصول على الحرمة الجانبية العليا دات التردد $f_m + f_c$ (أو مصفى تمرير حرمة منخفضة إذ أرمدا الحصول على الحرمة الجانبية السفلى دات التردد $f_m - f_c$).

ولكن تبقى الموجة الناتجة دات تردد منخفض نسبيا ولا يمكن بثها مباشرة لذلك بعد إدخال الإشارة الناتجة على معدل متوارى ومصفى وسيط مرة أخرى وذلك لرفع ترددها وإرسالها بفعالية، فنحصل على حرمة جانبية علما لها لتردد $f_m + f_c + f_c$ ، أو حرمة جانبية سفلى لها لتردد $f_m - f_c - f_c$.

والمخطط للمندوفى لطريقة التصفية لتوليد الحرمة الجانبية العليا موضحة في الشكل التالي:



والطيف الترددي للموجة المعدلة بهذه الطريقة موضح في الشكل التالي



مثال 1 إذا كان تردد الموجة المحمولة 1 KHz، وتردد الموجة لحاملة لأولى 100 KHz وتردد الموجة الحاملة الثانية 10 MHz، واستخدمت طريقة التنصعية لتزويد الحزمة الجانبية السفلى، بحسب قيمة الترددات بعد كل جزء من المخطط المصدوقي ما عرض النطاق للموجة المعدلة SSB الناتجة؟ شكل الطيف الترددي للموجة المعدلة الناتجة؟

بعد المعدل المتوازن الأول

$$f_{c1} + f_m = 1 + 100 = 101 \text{ KHz} \quad \text{تردد الحزمة الجانبية العليا}$$

$$f_c - f_m = 100 - 1 = 99 \text{ KHz} \quad \text{تردد الحزمة الجانبية السفلى؛}$$

بعد مصفى تمرير الترددات السفلى الأول؛

$$f_c - f_m = 100 - 1 = 99 \text{ KHz} \quad \text{تردد الحزمة الجانبية السفلى؛}$$

بعد المعدل المتوازن الثاني؛

$$f_{c2} + (f_c - f_m) = 10000 + 99 = 10099 \text{ KHz} \quad \text{تردد الحزمة الجانبية العليا}$$

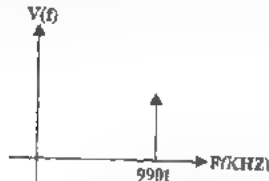
$$f_{c2} - (f_{c1} - f_m) = 10000 - 99 = 9901 \text{ KHz} \quad \text{تردد الحزمة الجانبية السفلى؛}$$

بعد مصلى تمرير الترددات المنخفضة التالي:

$$f_{c2} - (f_{c1} - f_m) = 10000 - 99 = 9901 \text{ KHz}$$

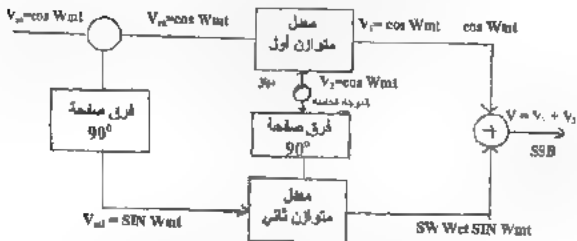
عرض النطاق (BW) للموجة المعدلة SSB: $BW = f_m = 1 \text{ KHz}$

والطيف الترددي للموجة المعدلة النهائية هو:



3-5-2 طريقة الطور Phase Method

المخطط الصندوقي لطريقة الطور الصفحة موضح في الشكل التالي



توصيغ أسلوب عمل هذه الطريقة لتتبع لأجزاء المخطط كما يلي:

$$V_m(t) = V_m \cos(\omega_m t) : \text{الإشارة المحمولة}$$

وبعد فرق صفحة 90 نكون الإشارة $V_m(t) = V_m \sin(\omega_m t)$

و إشارة الحاملة $V_c = V_c \cos(\omega_c t)$

وبعد فرق صفحة 90 نكون إشارة $V_o(t) = V_o \sin(\omega_c t)$

الناتج من المعدل المتوازن الأول:

$$\begin{aligned} V(t) &= V_m V_c \cos(2\pi f_m t) \cos(2\pi f_c t) \\ &= V_m V_c / 2 [\cos(2\pi(f_c + f_m)t) + \cos(2\pi(f_c - f_m)t)] \end{aligned}$$

الناتج من المعدل المتوازن الثاني:

$$\begin{aligned} V(t) &= V_m V_c \sin(2\pi f_m t) \sin(2\pi f_c t) \\ &= V_m V_c / 2 [\cos(2\pi(f_c + f_m)t) - \cos(2\pi(f_c - f_m)t)] \end{aligned}$$

الخطوة الأخيرة هي التي نحدد الحزمة الجانبية الناتجة، ففي حالة

الجامع نحصل على الحزمة الجانبية العليا:

$$\begin{aligned} V(t) &= V_m V_c / 2 [\cos(2\pi(f_c + f_m)t) + \cos(2\pi(f_c - f_m)t)] + \\ &\quad V_m V_c / 2 [\cos(2\pi(f_c + f_m)t) - \cos(2\pi(f_c - f_m)t)] \\ &= V_m V_c \cos(2\pi(f_c + f_m)t) \end{aligned}$$

وفي حالة الطرح نحصل على الحزمة الجانبية السفلى

$$\begin{aligned} V(t) &= V_m V_c / 2 [\cos(2\pi(f_c + f_m)t) + \cos(2\pi(f_c - f_m)t)] \\ &\quad V_m V_c / 2 [\cos(2\pi(f_c + f_m)t) - \cos(2\pi(f_c - f_m)t)] \\ &= V_m V_c \cos(2\pi(f_c - f_m)t) \end{aligned}$$

وعرض النطاقات للموجة المعدلة SSB مثل الطريقة السابقة ويمثلي:

$$BW \sim f_m$$

وكثرة إشارة للمرحلة يمكن حسبه من العلاقة الأخيرة على النحو

التالي:

$$P_T = (V_m V_c)^2 / 2R$$

التعديل العكسي Demodulation

عملية التعديل العكسي سعتيل لسعوي مو الحرمة الجانبية الواحدة هو نفس أسلوب التعديل المستخدم مع التعديل المعوي DSB-SC ، أي يتم في المستقبل ضرب الإشارة المعطاة بفترة لها نفس تردد الإثارة الساملة (بوصلة معدل متوالى) وتكرير الناتج إلى مصفى تمرير حزمة بترددات منخفضة (LPF).

الإشارة الناتجة من المعدل المتوالى:

$$V(t) = \cos(2\pi(f_c + f_m)t) \cos(2\pi f_c t) \\ = 1/2 [\cos(2\pi(2f_c + f_m)t) + \cos(2\pi f_m t)]$$

بعد مصفى تمرير حزمة لالترددات المنخفضة نبقى الإشارة المطلوبة

$$V_o(t) = 1/2 \cos(2\pi f_m t)$$

3-5-4 مقارنة بين أنواع التعديل السعوي

يمكن المقارنة بين أنواع التعديل السعوي الثلاثة من حيث القدرة، عرض النطاق، ومدى صعوبة التعديل العكسي ويمكن تلخيص المقارنة بالجدول التالي:

نوع التعديل	قدرة الإرسال	التعديل العكسي	عرض النطاق
DSB-SC	قليلة نسبيا	أكثر تعقيد	عالية
DSB-TC	الأعلى	أبسط	عالية
SSB	الأقل	أكثر تعقيد	الأقل (للصوت)

أسئلة آخر الفصل

- س١) ما هو مهد التعديل (Modulation)?
- س٢) هل يستطيع تعديل الإشارة اللاسلكية؟ وماذا؟
- س٣) ما هو تعريف التعديل العكسي Demodulation ؟
- س٤) إذا عُدَّت الإشارة الصوتية (مدى الترددات 20KHz- 20Hz) بموجة ذات تردد عالي (10MHz) فما للنسبة بين أال وأعلى طول للهوائي المستخدم؟
- س٥) أي نوعي للتعديل أقل تأثر بالتشويش AM أم FM ؟
- س٦) ارسم الطيف الترددي (Spectrum) للمرجات التالية وحسب عرض النطاق (BW) لكل منها.
1. $X(t) = 2 \sin(1000t)$
 2. $Y(t) = 2 \cos(6280t + 30^\circ)$
 3. $X(t) = 10 \sin^2(200t - 10^\circ)$
 4. $X(t) = 10 \sin(2\pi * 10^3 t)$
 5. $Y(t) = 2 \cos(628t) + 3 \cos(314t)$
 6. $S(t) = 20 \cos^2(500t)$
- س٧) ما وظيفة المعدل المتوازن (Balanced Modulator)?
- س٨) إذا عُدَّت إشارة معلمة ذات تردد 100KHz بإشارة صوتية ذات التردد 10KHz فما الترددات التي سيظهر في الموجة المعدلة وما قيمه عرض النطاق (BW) في كل من الأنواع التالية:
1. DSB-SC

2. DSB-TC

3. SSB

من 9) ارسم الطيف الترددي للموجة المعدلة لكل حالة في السؤال الخاص.

من 10) عثقت إشارة حاملة دية العلاقة $X(t) = 2 \sin(62800t)$ بإشارة

صوتية ذات العلاقة التالية $Y(t) = 2 \cos(6280t)$ تعديل معوي

DSB-SC ، أجب عن الأسئلة التالية

1 ما العلاقة النهائية للموجة المعدلة؟

2 ما تردد الحزمة الجانبية العليا (USB) والسفلى (LSB) ؟

3 ما قيمة عرض النطاق (BW) للموجة المعدلة؟

4 ارسم الطيف الترددي للموجة المعدلة مبينا جميع القيم.

5 احسب قدره الحزمة الجانبية العليا، وقدره الحزمة الجانبية السفلى،

والقدرة الكلية إذا $R = 100\Omega$

6 ما اسم الجهاز المستخدم لتوليد للموجة المعدلة؟

من 11) أعد الإجابة على السؤال العاشر إذا كانت الإشارة الصوتية موصحة

بالعلاقة التالية. $Y(t) = 2 \cos(628t) + 3 \cos(314t)$

من 12) في المستقبلية تتم عملية التعديل العكسي (Demodulation)

لاسترجاع إشارة للمعمولة التي تم إرسالها في السؤال العاشر فأبحث

الإشارة المعدلة على معدل متوارى مع الإشارة البالية.

$X(t) = 10 \sin(62800t)$ ، ثم أعطت الإشارة الناتجة إلى مصفى

تمرير حزمة ترددات منخفضة

تتبع بالمعادلات الرياضية الحصول على الإشارة المحمولة في المستقلة بالترتيب المذكور.

من (13) في المستقلة تتم عملية التعديل العكسي (Demodulation) لاسترجاع الإشارة المحمولة التي تم إرسالها في المزل (11). فأخذت الإشارة المعدلة على معدل متوازن مع الإشارة الناقلة.

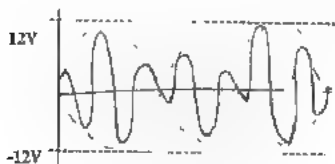
$X(t) = 10 \sin(62800t)$ ، ثم أخذت الإشارة الناتجة إلى مصفى تمرير حزمة ترددات منخفضة

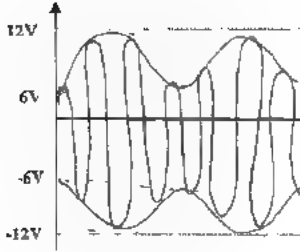
تتبع بالمعادلات الرياضية الحصول على الإشارة المحمولة في المستقلة بالترتيب المذكور.

س(14) هل يؤثر تردد الموجة المحمولة على معامل التعديل m_a ؟

س(15) رشح بالمعادلات سبب فشل عملية التعديل DSB-TC إذا كان $V_c < V_m$

س(16) احسب معامل التعديل m_a لكل من الموجتين المعطيتين الموصفتين في الشكل التالي:





س17) مرجعة حاملة ذات تردد 1MHz تم تعديلها بتحويل سعوي DSB-TC بموجة صوتية ذات تردد 15KHz ، فما قيمة الترددات التي ستظهر في الموجة المعدلة؟ لخص عرض النطاق (BW) ثم ارسم الطيف الترددي للموجة المعدلة مبينا جميع القيم.

س18) الإشارة الصوتية الثنائية $X(t) = 6 \sin(1200t)$ عكست لإشارة الحاملة $V(t) = 10 \cos(105t)$ تحويل سعوي مع حمل DSB-TC.

1. جد العلاقة النهائية للموجة المعدلة
2. احسب معاملي التعديل m
3. ارسم الطيف الترددي للإشارة المعدلة موصحا جميع القيم.
4. بحسب قدرة الحزمة للجانبية العليا إذا كانت مقاومة الدائرة تساوي 250Ω .
5. ارسم الموجة المعدلة

س19) قدرة الحزم الجانبية لحاليا لموجة محملة بتعديل مسوي DSB TC

تساوي 2mw، إذا كان معامل التحويل يساوي 1 فما قيمة كل من:

1. قدرة الحزم الجانبية المسطى

2. قدرة الموجة الحاملة.

3 القدرة لكافية

س20) أعدد لإجابة على السؤال السابق إذ، كانت نسبة التعديل 80%.

س21) إذا كانت قدرة الموجة المعدلة 1w، و قدرة الحزمة الجانبية المسوي

40mw، فما نسبة الانعطين لهذا التعديل المسوي DSB-TC؟

س22) إذا أعطيت الموجة المعدلة بتعديل مسوي DSB-SC بالعلاقة التالية:

$$V(t) = [24 + 12 \sin(2\pi \cdot 10^3 t)] \sin(2\pi \cdot 10^6 t)$$

فأجب عما يلي

1. انشاع الموجة للحاملة.

2. انشاع الموجة المجموعة.

3 معامل التعديل m_a ونسبة التعديل %mode

4. الترددات في هذه الموجة.

5. عرض النطاق (BW)

6 إذا كانت مقاومة الدائرة $R = 100\Omega$ فما قيمة القدرة الكلية، قدرة

الحامل و قدرة الحزم الجانبية؟

س23) قمت بعملية لتعديل انعكسي (Demodulation) للإشارة المعدلة في

لمرئك السابق

س24) أعد لإجابة على السؤال رقم (18) إذا كانت الإشارة الصوتية:

$$X(t) = 2 \cos(628t) + 3 \cos(314t)$$

س25) تتبع عملية التعديل العكسي للموجة المعدلة الناتجة من السؤال السابق.

س26) بـ كيف تردد الموجة المحمولة 20KHz وتردد الموجة الحاملة الأولى

180KHz وتردد الموجة الحاملة للثانية 12MHz، واستخدمت طريقة

التصفية لتوليد الحزمة الجانبية السفلى، وحسب قيمة الترددات بعد كل

جزء من المخطط الترددي ما عرض للنطاق للموجة المعدلة SSB

للإشارة؟ ارسم الطيف الترددي للموجة المعدلة للإشارة

س27) تتبع عملية التعديل العكسي للموجة المعدلة الناتجة من السؤال السابق.

س28) أعد الإجابة على السؤالين (26,27) لتوليد الحزمة الجانبية العليا عوضاً

عن السفلى.

س29) عثلت موجة حاملة ذات العلاقة $V_c(t) = 4 \cos(2\pi \cdot 108t)$ بموجة

صوتية لها العلاقة التالية $V_m(t) = 8 \cos(2\pi \cdot 103t)$ تخيل

معوي SSB بطريقة الصفحة لتوليد الحزمة الجانبية العليا.

فلجب عما يلي:

1 هل يستطع الطارح أم الجامع في الجزء الأخير من النظام؟

2 ما هي العلاقة النهائية للموجة المعدلة؟

3 لصب عرض النطاق للموجة المعدلة.

4 ارسم الطيف الترددي للموجة المعدلة

5 بحسب قدرة الإشارة المرسلية بـ كانت مغنومة الدائرة معوي

$$R=250\Omega$$

من (30) أعد الإجابة على السؤال السابق لتوليد الحزمة الجانبية السفلى عوجب
من العليا.

من (31) أعد الإجابة على السؤالين (29,30) إذا كانت الإشارة الصوتية
المحمولة كما يلي

$$X(t) = 2 \cos(628t) + 3 \cos(314t)$$

س (32) ارسم للمخطط الصندوقي لعملية التحويل العكسي للموجة المعسة ديت
الحزمة الجانبية للوحدة SSB.

هل يصلح للمخطط عسة الحزمة الجانبية للميا والسبلى أم يختلف
بمختلف نوع الحزمة؟ لماذا؟

من (33) تتبع عملية التعيين العكسي للموجة المععدة الناتجة هي السؤالين
(29,30) موصفا بالمعادلات كيفية الحصول على الإشارة للمحمولة من
المعدلة

من (34) تتبع عملية التحويل العكسي للموجة المعسة الناتجة هي السؤال (31)
موصفا بالمعادلات كيفية الحصول على الإشارة للمحمولة من المعدلة.

الوحدة الرابعة

التعديل الترددي

Frequency Modulation(FM)

الوحدة الرابعة: التعميل الترددي (FM) Frequency Modulation

4 1 تعريف التعميل الترددي (FM)

التعميل الترددي (FM) هو التعميل في تردد الموجة الحاملة (Carrier Signal) ذات التردد العالي تبعاً للقيمة اللحظية لاسراع الموجة المحمولة (Information Signal) مع بقاء اتساع الموجة الحاملة ثابتاً

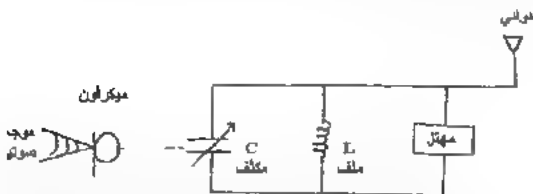
في التعميل السعوي (AM) كان تردد وطور الموجة الحاملة ثابتين، أما في التعميل الترددي (FM) فقط اتساع الموجة الحاملة يبقى ثابتاً أما الطور (أو الصيغة) فتتغير بتغير التردد.

وبالتالي يمكن استنتاج تعريف التعميل انطوري Phase Modulation (PM) بأنه التعميل في طور (صيغة) الموجة الحاملة ذات التردد العالي تبعاً للقيمة اللحظية للموجة المحمولة ذات التردد المنخفض مع بقاء اتساع الموجة الحاملة ثابتاً

أي أن كل من التعميل الترددي، والتعميل الطوري يؤثر كل منهما على الآخر، فلا يستطيع الحصول على أحدهما دون الحصول على الثاني بشكل تلقائي فكل واحد يقود إلى التعميل للآخر Angle Modulation، وهو التعميل في زاوية الموجة الحاملة ذات التردد العالي تبعاً للتغير في القيمة اللحظية للإشارة المحمولة ذات التردد المنخفض مع بقاء اتساع الموجة الحاملة ثابتاً ويكلمات أخرى، التعميل الزاوي هو الإجراء الذي يتم فيه تحميل إشارة المعلومات ذات التردد المنخفض على الإشارة الحاملة ذات التردد العالي بحيث تكون الإشارة المحمولة متصلة في زاوية الإشارة الحاملة ولا تؤثر على

الاتساع، فإذا غيرت للتردد يدعى تعديل ترددي (FM)، وإذا غيرت للطور يدعى تعديل طور ي (PM).

وللحصول على موجة معدلة تعديل ترددي (FM)، فإننا بحاجة إلى نظام يقوم بتحويل التغير في اتساع الإشارة الدخلة إلى تغير في تردد الإشارة الخارجة (معدلة)، ولهد الغرض نستطيع استعمال الدائرة الموصحة في الشكل التالي:



حيث يتم التحكم بتردد للموجة المولدة من المهيتر بواسطة دائرة التحكم المرافقة. دائرة التحكم تتكون، كما هو واضح في الشكل، من ملف ومكثف متغير لسعة وسعة هذ الملف تتغير بتغير اتساع الإشارة للصوتية المولدة من الميكروفون (شدة الصوت الذي يستقبله الميكروفون). ولدينا هنا ثلاث حالات:

1. في حالة عدم وجود صوت ولصل للميكروفون فإن لوحى المكثف تبقى ثابتة ولا تتكدب ترددات المهيتر وبالتالي يكون تردد للموجة المتولدة مساوي بتردد للموجة الحاملة f_c

2. في حالة كذبت شدة للصوت للواصل للميكروفون أعلى من قيمة مرجعية معينة فإن لوحى المكثف تهتز تبع لشدة للصوت مسببة تغير في قيمة المكثف وبالتالي زيادة في تردد الموجة المولدة من

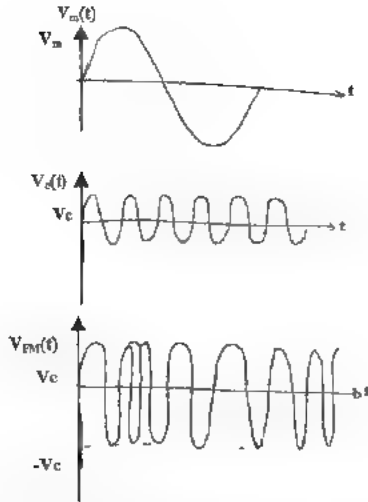
المهتر لقيمة على من تردد الموجة الحاملة، وتزداد هذه القيمة بتزايد شدة الصوت، ويساوي التردد الناتج $f_c + \Delta f$ ، حيث Δf تمثل الإزاحة في تردد الموجة المحملة الناتجة

3. في حالة كانت شدة الصوت الواصل لميكروفون أقل من قيمة مرجعية معينة فإن لوحتي المكثف تهتز تبعاً لشدة الصوت مسببة تغير معاكس لحالة السابقة في قيمة المكثف وبالتالي نقصان في تردد الموجة للمولد من المهتر لقيمة أقل من تردد الموجة الحاملة، ونقل هذه القيمة بنقصان شدة الصوت، ويساوي التردد الناتج $f_c - \Delta f$ ، حيث Δf تمثل الإزاحة في تردد الموجة المحملة الناتجة.

لذلك فإن معدل التغير في السعة يسوي للموجة الصوتية الداخلة، ومقدار التغير في السعة يتناسب طردياً مع اتساع هذه الموجة

ويجب للتعبير بين 'محل للتعبير' و'مقدار التعبير' فمقدار التعبير يعني قيمة أو كمية التعبير، أما معدل التعبير فيعني متغلفة التعبير نسبة للزمن أو الفرق خلال فترة زمنية معينة.

وهي ما يلي توضيح بالرسم عن كيفية للحصول على الموجة للمعدة تعديل ترددي FM من الموجة المحمولة $V_m(t)$:



عندما $V = V_m$ فإن تردد الموجة المعدلة يساوي تردد الموجة الحاملة f_c ، وعندما $V > V_m$ فإن تردد الموجة المعدلة 'على' من تردد الموجة الحاملة، وعندما $V < V_m$ فإن تردد الموجة المعدلة 'أقل' من تردد الموجة الحاملة

ولإيجاد علاقة رياضية للموجة المعدلة تعديل ترددي FM يبدأ برسمة الموجة المعدلة في الأعلى، فهي إشارة جيبية ذات اتساع ثابت مسوي لاتساع الموجة الحاملة V_c ولكننا نجهل للصيغة النهائية لروية هذه الإشارة ولكن

$$V(t) = V_c \sin(\theta)$$

المعلومة المتولدة عن الراوية ليست مباشرة ولكن نعلم أن السرعة
الزاوية ω 'Angle Velocity' هي المشتقة الأولى للزاوية نسبة للزمن، أي
أن

$$\omega = \partial \theta / \partial t$$

$$\theta = \int \omega \, dt$$

ونعلم أن السرعة الزاوية تساوي: $\omega = 2\pi f$

ولذلك يتغير ريلدة ونقصان حول تردد الموجة الحامل ولحد معين
يتناسب مع اتساع الموجة المحموة ويمكن التعبير عن مثل كل تردد للتحطي
بالعلاقة التالية.

$$f(t) = f_c + K_f V_m \cos(\omega_m t)$$

$$\omega(t) = \omega_c + 2\pi K_f V_m \cos(\omega_m t)$$

حيث:

K_f ثابت التردد الترددي ووحدته (Hz/Volt)

$V_m \cos(\omega_m t)$: الإشارة المحموة

وباشتقاق العلاقة الأخيرة نحصل على الزاوية:

$$\theta = \int \omega(t) \, dt$$

$$= \int \omega_c + 2\pi K_f V_m \cos(\omega_m t) \, dt$$

$$= \omega_c t + 2\pi K_f V_m \sin(\omega_m t) / \omega_m$$

$$= \omega_c t + K_f V_m \sin(\omega_m t) / f_m$$

وبما أن إزاحة التردد تساوي: $\Delta f = K_f V_m$

$$\theta = \omega_c t + \Delta f / f_m \sin(\omega_m t)$$

وبتعويض العلاقة الأخيرة في معادلة الموجة المعدلة تعديل ترسي
نحصل على العلاقة التالية:

$$V(t) = V_c \sin(\omega_c t + \Delta f f_m \sin(\omega_m t))$$

حيث معامل التعديل الترددي m_f يعطى بالعلاقة التالية:

$$m_f = \Delta f / f_m$$

أي أن معامل للتعديل الترددي m_f هو نسبة انحراف التردد Δf إلى
تردد الموجة المحمولة f_m

وبعكس إعادة كتابة علاقة الموجة المعدلة تعديل ترددي على النحو
التالي:

$$V(t) = V_c \sin(\omega_c t + m_f \sin(\omega_m t))$$

وهذه العلاقة تلزم على أن التعديل الترددي FM لا يتم بشكل منفصل
عن التعديل الطوري PM، فكم نلاحظ في العلاقة الأخيرة يمكن تحليلها على
أنها ذات تردد ثابت يساوي ω_c وطور يتغير قيمته تبع للقيمة اللحظية للموجة
المحمولة بمقدار $m_f \sin(\omega_m t)$ الفرق أنه في التعديل الترددي FM يتناسب
التغير في زاوية الموجة المعدلة تتناسب مباشرة مع الإشارة المحمولة أما في
التعديل الطوري PM فإن زاوية الموجة المعدلة تتناسب مع المشتقة الأولى
للسignal المحمولة

مثال 1. إذا كان تردد الموجة المحمولة يساوي 15KHz وانحراف
التردد للموجة المعدلة تعديل ترددي FM يساوي 12KHz ، احسب معامل
التعديل

$$m_f = \Delta f / f_m = 12/15 = 0.75$$

مثال 2: نصيب معامل التعديل لتعديل العارقي إذا كان انحراف التردد
بمئوي 20KHz

$$m_f = \Delta f / f_m = 20 / 15 = 1.25$$

نلاحظ أنه على خلاف معامل التعديل للسعوي فإن معامل التعديل
الترددي له قيم أكبر من 1.

مثال 3: موجة معدلة بتعديل ترددي ذات العلاقة القيسية التالية:

$$V(t) = 12 \sin(10^8 t + 2 \sin(314t))$$

ما قيمة لانحراف التردد لهذه الموجة؟

$$f_m = 314 / 2\pi = 50 \text{ Hz}$$

$$\Delta f = m_f * f_m = 2 * 50 = 100 \text{ Hz}$$

4-1.1 الترددات ببسيل Bessel Functions

معادلة الإشارة المعدلة هي علاقة جيب قيمة جيبية، وهي علاقة معقدة،
يصعب التعامل معها وتحليلها ويصعب دراسة الطيف الترددي بها، ووجد العالم
بيسيل حل لهذه العلاقة وهذه الحل هو علاقات ببسيل أو اقترانات ببسيل
Bessel Functions. وهي علاقات متغيره مع معامل التعديل الترددي m_f
وهي دالة درجات، أي يوجد علاقة ببسيل من الدرجة الأولى يرمز لها $J_1(m_f)$
وعلاقة ببسيل من الدرجة الثانية ويرمز بها $J_2(m_f)$ وعلاقة ببسيل من الدرجة
الثالثة ويرمز لها $J_3(m_f)$ الخ

نعتبر عن علاقة الموجة للمعدلة بتدوين ترددي FMI بعلاقات ببسيل على

التحز التالي:

$$V(t) = V_c [J_0(m_f) \sin(\omega_c t) + J_1(m_f) [\sin(\omega_c + \omega_m)t + \sin(\omega_c - \omega_m)t] \\ + J_2(m_f) [\sin(\omega_c + 2\omega_m)t + \sin(\omega_c - 2\omega_m)t]$$

$$+ J_3(m_f) [\sin(\omega_c + 3\omega_m)t + \sin(\omega_c - 3\omega_m)t] \\ + \quad + \quad + \dots \}$$

و

$$V(t) = V_c \{ J_0(m_f) \sin(2\pi f_c t) + J_1(m_f) [\sin(2\pi(f_c + f_m)t) + \sin(2\pi(f_c - f_m)t)] \\ + J_2(m_f) [\sin(2\pi(f_c + 2f_m)t) + \sin(2\pi(f_c - 2f_m)t)] \\ + J_3(m_f) [\sin(2\pi(f_c + 3f_m)t) + \sin(2\pi(f_c - 3f_m)t)] \\ + \dots + \dots \}$$

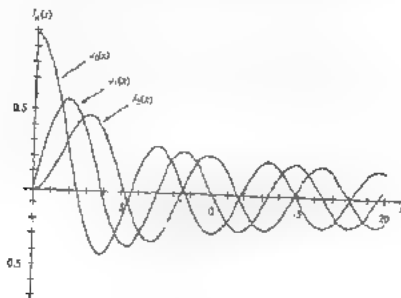
أو يمكن إعادة كتابة علاقة الموجة المعدلة بتعديل ترددي على النحو

التالي:

$$V(t) = V_c \sum J_n(m_f) \sin(2\pi(f_c \pm n f_m)t)$$

ولأخذ فكرة عن الشكل العام للطيف الترددي لهذه الموجة المعدلة

تعديل ترددي FM، فلا بد في البداية من توضيح بعض خصائص علاقات بهيميل المرتبطة بدرست و علاقات بهيميل تأخذ الشكل التالي.



ملاحظ من الشكل السابق أن:

1. في علاقة بيسيل ذات الدرجة المعينة نقل قيمة الاقتران بازياد معامل التعديل الترددي m_f أي أن العلاقة عكسية بين اقتران بيسيل ومعامل التعديل الترددي يتكثرت درجة لاقتران
2. بحيث معامل التعديل m_f ومقارنة لاقتران ذات الدرجة المختلفة ملاحظ أن قيمة لاقتران ذو الدرجة الأعلى تكون أقل من قيمة لاقتران ذو الدرجة الأقل، أي:

$$J_{n+1}(m_f) < J_n(m_f)$$

3. عندما يساوي $m_f = 0$ فإن القيمة الوحيدة لاقتران بيسيل هي $J_0(0)$ وهي أعلى قيمة لاقتران بيسيل، أما باقي الاقترانات بيسيل عند نفس قيمة معامل التعديل تساوي $J_n \neq 0(0) = 0$.

4. عند قيمة معامل تعديل m_f ثابتة فإن،

$$J_0^2 + 2J_1^2 + 2J_2^2 + 2J_3^2 + \dots = 1$$

5. أن اقترانات بيسيل تأخذ قيم موجبة أو سالبة. ومعنى القيم السالبة حدوث فرق في طور بمقدار 180° درجة

وبالنسبة لعلاقة الموجة المعدلة فإن:

J_0 : تمثل قيمة الاتساع القيسي للموجة المعدلة.

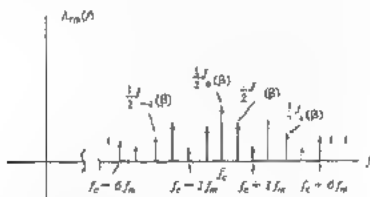
J_1 : تمثل قيمة الاتساع النسبي لزوج الحزميين الأول

J_2 : تمثل قيمة الاتساع النسبي لزوج الحزميين الثاني.

J_3 : تمثل قيمة الاتساع النسبي لزوج الحزميين الثالث وهكذا.

وبالتالي فالانتماع النسبي لنحرم الجانبية للموجة المعدلة يقل بزيادة درجة الاقتران بوسيل π أو بمعنى آخر بزيادة درجة الحرمة الجانبية ومن معادلة الموجة المعدلة نلاحظ أن الطيف الترددي يتكون من عدد لا نهائي من الحزم الجانبية ذات لترددات $f_c \pm n f_m$ مثال $f_c + f_m$ ، $f_c + 2f_m$ ، $f_c + 3f_m$ ، الخ. وأن الفاصل بين كل حزمتين يساوي قيمة تردد الموجة المحمولة f_m وأن تردد الموجة الحاملة يحمل قيمة يسوي $V_c J_0(m_f)$ وشكل الطيف الترددي ممثلظر حول تردد للموجة الحاملة f_c .

وبالتالي يتوقع شكل الطيف الترددي للموجة المعدلة تسمى ترددي FM على النحو التالي



ويما أن الانتماع النسبي للحرمة الجانبية يقل بازدياد الدرجة فيمكننا بالتقريب إهمال الحرمة الجانبية ذات الدرجة الكبيرة و الانتماع النسبي للغير.

مثال 1 جذ قيمة التفرانات بيسيل بمعامل التمدول 0.5 $m_f = 0.5$

من شكل التفرانات بيسيل نجد أن:

$$J_0(0.5) = 0.94, \quad J_1(0.5) = 0.24, \quad J_2(0.5) = 0.03,$$

مثال 2 بد كمن لمعامل تمدول ترددي معين القيم التالية:

إذا أمكن اختيار ثابت ببسمل من

الدرجة الثالثة.

$$\begin{aligned} J_0^2 + 2 J_1^2 + 2 J_2^2 &= 1 \\ 2 J_2^2 &= 1 - 0.8^2 - 2 * 0.3^2 \\ J_2^2 &= 0.0488 \\ J_2 &= 0.221 \end{aligned}$$

4-1-ب القدرة Power

حساب قدرة الموجة المعدلة FM يتم على النحو التالي:

$$P = V^2 / 2R = V_c^2 / 2R$$

حيث أن قيمة الانتعاشات النسبية لا تؤثر على القدرة لأن:

$$J_0^2 + 2 J_1^2 + 2 J_2^2 + 2 J_3^2 + \dots = 1$$

4-1-ج عرض النطاق (Band Width (BW

عرض نطاق الموجة المعدلة يعتمد على عدد الحزم الجانبية الفعالة ذات الانتعاشات النسبية الكبيرة وعدد هذه الحزم الجانبية يتغير بتغير معامل التعديل الترددي m_f - عرض النطاق يساوي:

$$\begin{aligned} BW &= \# \text{ side bands} * f_m \\ &= 2 * n * f_m \end{aligned}$$

حيث n أعلى درجة لاقتربت ببسمل

ومدى للترددات للموجة المعدلة FM هو بين $(f_c - \Delta f, f_c + \Delta f)$

نلاحظ أن عرض النطاق الموجة المعدلة بتعديل ترددي FM لا يعتمد على تردد الموجة الحاملة f_c ، وإنما يعتمد على تردد الموجة المصنوعة وعلى معامل التعديل بشكل غير مباشر عبر زيادة معامل التعديل يزداد عدد الحزم الجانبية وبالتالي يزداد عرض النطاق.

مثال ١: إذا كان تردد الموجة المحمولة $f_m = 20\text{KHz}$ ، وانحراف التردد للموجة المعدلة 40KHz ، فما عرض النطاق (BW) المطلوب لإرسال الموجة المعدلة FM؟

$$m_f = \Delta f / f_m = 40/20 = 2$$

ومن أجل الحصول نجد أن عدد الحزم الجانبية لمعامل التردد هو

$$\# \text{ of side bands} = 2 * 4 = 8$$

$$BW = \# \text{ side bands} * f_m = 8 * 20 = 160\text{KHz}$$

مثال 2: إذا كان عرض نطاق موجة FM بمسوي 60KHz وأكبر تردد للموجة المحمولة بمسوي 10KHz وكانت قيم علامات بيسون لمعامل التعديل لهذه الموجة كالتالي:

$J_0 = 0.8$ ، $J_1 = 0.3$ ، $J_2 = 0.25$ ، ما هي قيمة الاتساع التنبؤي لكل زوج من أزواج الحزم الجانبية؟

ما قيمة لاتساع القياسي للموجة المعدلة؟

$$BW = 2 * n * f_m$$

$$n = 60/2 * 10 = 3$$

$$J_0^2 + 2J_1^2 + 2J_2^2 + 2J_3^2 = 1$$

$$J_3^2 = 1 - 0.8^2 - 2 * 0.25^2 - 2 * 0.3^2 = 0.0275$$

$$J_3 = 0.166$$

الاتساع القياسي للموجة المعدلة: $J_0 = 0.8$

، لاتمدح السببي بحرم الجانبية تساوي؛ $I_2 = 0.166$ ، $I_1 = 0.1$ ،

$$I_2 = 0.25$$

مثال 3. محطة FM بث موجات صوتية ذات مدى ترددي (100Hz)

(20KHz) فما مدى معام التعتيل المصموم به لهذه المحطة، مع العلم أن

النصي لحراف تردد لمحطة FM هو 75KHz .

$$m_f = \Delta f / f_m = 75000 / 100 = 750$$

$$m_{\text{eff}} = \Delta f / f_{m2} = 75 / 20 = 3.75$$

وبالتالي فإن مدى التعتيل الترددي هو $(3.75 \cdot 750)$

2-4 التعتيل الترددي في النطاق الضيق NBFM والتعتيل الترددي في النطاق

الواسع WBFM

المقصود بالتعتيل الترددي في النطاق الضيق (Narrow Band

Frequency Modulation) التعتيل الترددي في حالة معامل التعتيل الصغير

$(m_f \ll 1)$ فهي هذه الحالة يكون عدد الحرم الجانبية للموجة المعدلة قليل

وبالتالي نحصل على عرض نطاق صغير (ضيق)، وبالتالي هذه حالة مثالية

لتعتيل الموجة AM مثال ذلك إذا كان معامل التعتيل $m_f = 0.1$ أو $m_f = 0.25$

سبب في هذه الحالة روج وحد فقط من الحرم الجانبية. ويستخدم هذا النوع من

التعتيل الترددي مع أنظمة الاتصالات التي تتعامل مع الموجات الصوتية ذات

الترددات المنخفضة التي لا تتعدى 3KHz وبالتالي فإن مدى عرض النطاق

لهذا النوع هو $(10\text{KHz}-30\text{KHz})$ من الأمثلة على هذه أنظمة اتصالات

المرصه والملاحة الجوية والخدمات المنعقة بالمناخ وغير ذلك

من جهة أخرى يوجد لتعتيل الترددي في النطاق الواسع (Wide

Band Frequency Modulation) على العكس من النوع الأول حيث أن

عرض نطاق الموجة للمعدلة واسع وذلك عائد إلى معامل التعديل الكبير نسبياً حيث $m \gg 1$ وبالتالي عدد الحزم الجانبية كبير مما يؤدي إلى عرض نطاق كبير أيضاً.

ويستعمل هذا النوع مع أنظمة الاتصالات التي تتعامل مع إشارات صوتية ذات ترددات عالية نسبياً كمحطات الإذاعة الصوتية وغيرها ومن الجدير بالذكر أنه بزيادة معامل التعديل الترددي m_f أكثر من 10 يصبح تأثيره بسيطاً على زيادة عرض النطاق (BW).

ويجب عرض نطاق الموجة للمعدلة WBFM وفق للمعادن التالية.

$$BW = 2 * n * f_m$$

$$= \text{\#side bands} * f_m$$

4 3 قانون كارسون Carson's Rule

وضع العالم كارسون قاعدة لحساب عرض النطاق (BW) للموجة المعدلة تعديل ترددي FM بشكل تقريبي في كل من الحالتين

1 NBFM عندما تكون قيمة معامل التعديل أقل بكثير من 1 من

قيمة التفرعات $J_n(m_f)$ من الدرجة الثمانية وما فوق ليس لها قيمة فعالة، ويمكن اعتبار أن الموجة المعدلة تحتوي ثلاثة مكونات؛ الموجة الحاملة f_c والحرمة الجانبية العليا $f_c + f_m$ والحرمة الجانبية السفلى $f_c - f_m$ ، وبالتالي يمكن حساب عرض النطاق كما هي للتعديل المسوي AM.

$$BW = 2 * f_m$$

2. WBFM . عندما يكون معامل التعديل أكبر من واحد فإن قيمة

الفرقات بين $J_n(m_f)$ تتناقص بشكل أسّي إلى الصفر. فإن عرض النطاق يمكن حسابه تقريباً بالقاعدة التالية

$$BW = 2f_m (\Delta f/f_m + 1) = 2f_m(m_f + 1) = 2(\Delta f + f_m)$$

عندما تكون قيمة معامل التعديل أكبر بكثير من 1 بالتقريب يصبح

عرض النطاق

$$BW \approx 2 * f_m * m_f = 2 * \Delta f$$

وهذه الخصائص التقريبية لعرض النطاق تشمل 96% من القدرة الكلية

للإشارة المرسلية المعدلة FM.

مثال 1: إذا كان تردد الموجة المحمولة $f_m = 10\text{KHz}$ وانحراف التردد

في الموجة المعدلة FM يساوي $\Delta f = 20\text{KHz}$ ، احسب عرض النطاق BW للموجة المرسلية

$$BW = 2(\Delta f + f_m) = 2(20 + 10) = 60\text{KHz}$$

مثال 2: إذا كان تردد الموجة المحمولة $f_m = 10\text{KHz}$ وانحراف التردد

في الموجة المعدلة FM يساوي $\Delta f = 200\text{KHz}$ ، احسب عرض النطاق BW للموجة المرسلية.

$$BW = 2(\Delta f + f_m) = 2(200 + 10) = 420\text{KHz}$$

أو بالتقريب (حيث معامل التعديل يساوي $m_f = 200, 10 \approx 20$ وهي

قيمة < 1) يمكن حساب عرض النطاق بقاعدة كارسون:

$$BW \approx 2 * f_m * m_f = 2 * 200 = 400\text{ KHz}$$

ملاحظ أن الفرق بسيط بين القيمة الحقيقية والقيمة الفعلية لعرض

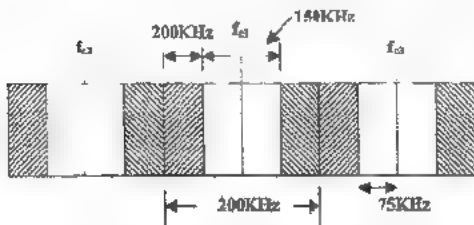
النطاق وينسب خطأ بسيطاً لتساوي.

$$\text{Error} = (420 - 400)/(420) * 100\% = 4.8\%$$

4-4 أنظمة بث FM

يُعرض الحزمة للموجي بث مبرجة معدلة FM هو 200KHz ويحرف تردد لا يجاور 75KHz حور تردد الموجة الحاملة لتلك الموجة f_c ، ويخصص 50KHz من كل موجة للحماية بين الموجات المتجاورة (25KHz للجانب الأعلى و 25KHz للجانب الأسفل) وتسمى الحزم الحارسة (Guard Band).

ويمكن توضيح ذلك بالشكل التالي لتلات محطات FM متجاورة:



في حالة كان لدينا انحراف تردد 75KHz فإن نسبة التعديل الترددي يساوي 100% على الرغم من تغير قيمة معامل التعديل m_f بوجود هذه النسبة يعبر تردد الموجة المحمولة تبع للعلاقة $(m_f = \Delta f / f_m)$

وبذلك نلاحظ اختلا في أساسين بين مبرجة AM ومبرجة FM، حيث تعرض حزمة موجة AM يساوي فقط 10KHz، أي أن عرض الحزمة لموجة واحدة FM يكفي لبث 20 موجة AM

كما أن نسبة التعديل 100% لموجة AM تعني أن معامل التعديل يساوي $m_a = 1$ بعض النظر عن تردد الموجة المحمولة f_m .

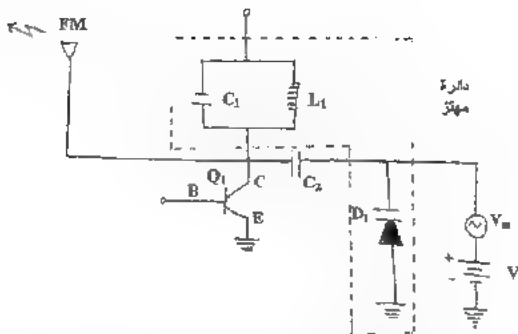
5-4 المعدلات والمعدلات العكسية للتعديل الترددي

FM Modulators and Demodulators of

1-3-4 المعدلات Modulators

يوجد طريقتين لعملية التعديل الترددي (مباشرة وغير مباشرة) بالنسبة للطريقة المباشرة يتم باستخدام أداة ذات خصائص غير خطية مثل الترانزيستور أو الوصلة الثنائية (Diode)، حيث تتغير مقدار لغة عبر دائرة الترويب للمهتز (Oscillator). ويعمل دائرة خاصة لهذا الغرض باستعمال سعة متغيرة بواسطة الوصلة الثنائية العاكسور (Varactor Diode)

يشكل من الملف (Coil, L1) والمكثف (Capacitor C1) دائرة توليف المهتز. أما وصلة العاكسور D1 فتعطى سعة متغيرة بتغير الجولتية المطبقة عليها، فعندما $V_m = 0$ فالجولتية المطبقة على الوصلة هي الثابتة فقط وبالتالي التردد المولد هو تردد الموجة الحاملة f_c وعندما $V_m > 0$ فإن التولد المتولد من المهتز يكون أكبر من تردد الموجة الحاملة ويقدر بتناسب مع الجولتية، وعلى العكس عندما $V_m < 0$ فإن التولد المتولد من المهتز يكون أقل من تردد الموجة الحاملة ويقدر بتناسب مع الجولتية أيضا.



أما الطريقة غير المباشرة هي باستخدام للتعديل الطوري (Phase Modulation) باستخدام جهاز المهتر المتحكم بالفولتية (Voltage Control Oscillator)VCO

2-5-4 المذبذبات العكسية Demodulator

الفرض من المذبذبات العكسية مستخلص الإشارة المصغلة من إشارة المصغلة FM. أي أنه تحتاج هذا إلى دائرة تحول التغير في التردد إلى تغير مقابيل في الفولتية وتسمى هذه الدائرة "المميز" (Discriminator) والتي تتكون أساساً من دائرة إيجاد ميل (Derivation) الإشارة المصغلة ومن ثم الكشف عن هذا القمبل الذي يشكل لإشارة المصغلة (Envelope Detector).

ونكس الإشارة المصغلة FM تتعرض للتذبذب في الاتساع لأنه عملية الإرسال، ويجب التخلص أولاً من هذه للتذبذبات قبل إدخال الإشارة المصغلة إلى المميز والدائرة المسؤولة عن ذلك تدعى "لمحدد" (Limiter).

وأهم الدوائر المستخدمة لهذا الغرض هي دائرة Foster-Sealy الذي يحل محل دائرة أكثر خطية ولكن يجب أن يمتد بمحدد التردد، وكاشف النسبة Ratio-Detector التي تتكون من الكاشف والمحدد

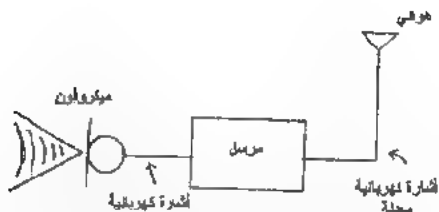
ويمكن رسم المخطط الصندوقي للمعدل العكسي للتشغيل الترددي FM على النحو التالي:



6-4 المرسلات Transmitters

المرسلات كما نعرفها عليها في بداية الكتاب هي مجموعة الدوائر المسؤولة عن عمليات نهاية الإشارة المرسل لإرسال جيد بصمت وصول الإشارة إلى المستقبل في أفضل حل ومن أهم صعب التهيئة في عملية التعديل كذلك من العمليات الضرورية عملية التكبير (والتي يمكن أن تأتي على مراحل مختلفة وليس مرحلة واحدة فقط) لضمان ريدة فترة الإشارة المرسل وبالتالي لضمان إشارة ذات جودة جيدة. بالإضافة إلى مراحل أخرى ضرورية مثل محاولات لطلاقة التغيرات (صوت أو صورة أو غير ذلك) إلى إشارة كهربائية ذات التردد المنخفض (أي إشارة المحولة) ويأتي هذه المرحلة في بداية عملية الإرسال كذلك مرحلة تحويل الإشارة الكهربائية للمرحلة (دات التردد العالي) إلى موجة كهرومغناطيسية وإرسالها في الفراغ، وهذه وظيفة الهوائي في المرسل (ولذلك تختلف عن وظيفة هوائي المستقبل).

والمخطط للصندوقي التالي يوضح أهم أجزاء (مراحل) المرسلات:



ويبقى العامل الأساسي للتمييز بين المرسلات المختلفة هو نوع التعديل (ولكنها شبيوع للموجات الصوتية للتعديل السموي والتعديل الترددي) وبالتالي سنتناول في دراستنا هذان النوعين من المرسلات.

4-6-1 مرسلات للتعديل السموي AM

للمخطط الصندوقي التالي يوضح مراحل الإرسال في مرسلات التعديل السموي والتي نلاحظ اشتراكها في أكثر المراحل مع المخطط الصندوقي للعم المرسلات:

حيث وظيفة المهتر الكريستالي توليد الموجة الحاملة ذات التردد اعالية (المقاسة بـ MHz)، ما مكر فترة الموجة الحاملة ذات (Radio Frequency) فهو يريد تضاع الموجة مع يؤدي إلى زيادة للفترة بينما مكر AF يقوم بنقل المهمة ولكن مع الموجة لصوتية ذات التردد المنخفض (Audio Frequency).

وظيفة المعدل تدمج الموجة الصوتية على الموجة الحاملة بأي من أنواع التعديل السموي (إرسال الحزمين مع الحامل، إرسال الحزمين بدون

حاصر، أو إرسال الحرمة الجنبية الواحدة)، وبالتالي نتوقع أنظمة مختلفة من حيث نوع التعديل السعوي المستخدم.

وكل محطة إرسال AM يخصص لها نطاق بعرض 10KHz

4-6-2 مرسلات التعديل الترددي FM

لا يختلف المخطط الصندوقي لمرسل FM عن مرسل AM بشكل أساسي إلا من حيث نوع المعدل المستخدم، ومن الناحية لعمليه يخصص لكل قناة FM نطاق بعرض 200KHz فيجد أن القنوات الصوتية ذات ترددات 101.1MHz، 101.3MHz، 101.5MHz وهكذا، ولفترددات الحاملة العسية تنفروخ قيمها بين (88MHz-108MHz). مثال ذلك قناة لمرآل الكريم (عمان) على تردد 93.1MHz.

4-7 المستقبيلات Receiver

إن المستقبلات هي المبدؤة عن لقاط الإشارة الكهرومغناطيسية (بواسطة هوائي المستقبل) وتحويلها ثانية إلى إشعة كهربائية (التي لارالت معده ذات تردد عالي) ويمرأ علية للتعديل العكسي (بما يتأاسب مع وع التعديل المستخدم مسبقا في المرسل).

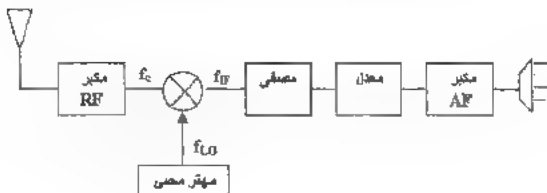
ولمخبط الصندوقي للمستقبيلة AM و FM موضح بالفلكلور الثاني:





8-4 تنظيم الاستقبال السوبر هيترو ديني Super Heterodyne Receiver

المخطط الصندوقي لهذا النظام موضح في الشكل التالي



يختلف هذا النظام عن المستقبل السابق بتحويل الموجة المعبرة ذات التردد f_c إلى تردد آخر ثابت متوسط للقيمة f_{IF} ، حيث لا يعبر المهنر المحلي في هذه الحالة لأعطاء التردد الحامل التردد الذي ينتج له تردد الموجة المتوسطة والذي يسوي 455KHz:

$$f_{LO} - f_c = \pm f_{IF}$$

والعائد الأساسية من نظام Super Heterodyne أن التمثيل مع موجة ذات تردد متوسط من حيث التكبير والتعديل والترشيح (بعض النظر عن تردد الموجة الحاملة) يكون أفضل.

مثال 1: إذا كان تردد الموجة الحاملة يساوي 1MHz فكم يساوي تردد المهتز للمطابق المحصول على الموجة لمتوسطة للتردد؟

$$f_{LO} = f_c \pm f_{IF}$$

$$= 1000 \pm 455 = 545 \text{ KHz}$$

$$\text{OR } 1455 \text{ KHz}$$

أسئلة آخر الفصل

س(1) هل تستطيع تحديد الطيف الترددي للموجة المعدلة FM بدون استخدام افتراضات بيسيل؟

س(2) . إذا كان لمعامل تعديل ترددي معين القيم التالية

$J_0 = 0.7$, $J_2 = 0.3$, J_1 إذا أمعنا افتراضات بيسيل من الدرجة الثالثة.

س(3) جد قيمة افتراضات بيسيل لمعامل التعديل $m_f = 0.8$, $m_f = 2$, $m_f = 5$ من رسم افتراضات بيسيل.

س(4) جد التردد اللحظي للإشارة المعدلة بتردد FM التالية:

$$S(t) = 10 \cos(2\pi(1000t + \sin(10\pi t)))$$

س(5) جد التردد اللحظي للإشارة المعدلة بترددا FM التالية.

$$S(t) = 10[\cos(10t) \cos(30t^2) - \sin(10t) \sin(30t^2)]$$

س(6) احسب انحراف التردد Δf لكل من الإشارات المحولة التالية، لا كاذب

قيمة ثابت التعديل الترددي $K_f = 10 \text{ Hz/V}$ ، وقيمة التردد الحامل $f_c = 5 \text{ KHz}$

1. $V(t) = 10 \cos(10\pi t)$
2. $V(t) = 5 \cos(20\pi t)$
3. $V(t) = 100 \cos(2000\pi t)$

س(7) احسب مدى الترددات التي تحجزها الموجة المعدلة FM ، إذا كان تردد الموجة الحاملة $f_c = 2 \text{ MHz}$ وقيمة $K_f = 100 \text{ Hz/V}$ ، والإشارة المحمولة ذات العلاقة التالية:

$$V(t) = 100 \cos(2\pi * 150t) + 200 \cos(2\pi * 300t)$$

س8) حسب عرض النطاق (BW) التقريبي لكل إشارة هي السؤال الثالث ومدى الترددات للإشارة المعطاة.

س9) إشارة حاملة ذات التردد $f_c = 10\text{MHz}$ عكست بإشارة صوتية ذات تردد $f_m = 5\text{KHz}$ بحيث أن أقصى إزاحة للتردد هي الموجة المعطاة FM يساوي 500KHz بحسب كل من عرض النطاق (BW) بالتقريب ومدى ترددات للموجة المعطاة FM.

س10) إشارة حاملة ذات التردد $f_v = 100\text{MHz}$ عكست بإشارة صوتية ذات اتساع $V_m = 1\text{volt}$ وتردد $f_m = 10\text{KHz}$ ، ولقيمة $K_f = 0.00\text{Hz/V}$.
احسب كل مما يلي للموجة المعطاة FM:

1. انحراف التردد Δf
2. معامل التعديل الترددي m_f
3. عرض النطاق BW الحقيقي والتقريبي
4. مدى للترددات

س11) أعدد الإجابة على السؤال السابق إذا أعطيت للموجة المعطاة تحديد ترددي بالملاقة التالية

$$V(t) = 10 \sin(2 * 10^7 \pi t) + 20 \cos(1000 \pi t)$$

س12) إذا كانت مقاومة الدائرة $R = 250\Omega$ وب قيمة القدرة بالانتماء المرسله في السؤال السابق

من 13) (شدة عاملة ذات التردد $f_c = 100\text{MHz}$ عكست بإشارة صوتية ذات

تردد $f_m = 75\text{KHz}$ ، وانحراف التردد للموجة المعدلة $\Delta f = 500\text{KHz}$

نصّب كل مما يلي للموجة المعدلة FM

1. ثابت التعديل الترددي K_f
2. عرض النطاق التقريبي BW والحقيقي
3. اتساع الموجة المحمولة V_m
4. العلاقة الرياضية للموجة المعدلة FM، إذا كان اتساع الموجة الحاملة $V_c = 2 \text{ volts}$
5. إذا كانت مقاومة الدائرة $R = 100\Omega$ ، فما قيمة القدرة للإشارة المرسلّة.

من 14) للموجة المعدلة تعديل راوي التالية:

$$V(t) = 50 \sin(2 \times 10^6 \pi t + 0.001 \sin(2\pi \times 500t))$$

1. جد قيمة: K_f , Δf , V_m , V_c , f_m , f_c إذا كان التعديل المعتمد FM.

2. من هذه الموجة المعدلة ذات نطاق ضيق NB لم دت نطاق واسع WB ؟

3. جد عرض النطاق التقريبي للموجة المعدلة.

4. جد عرض النطاق الحقيقي ونسبة الخطأ في حسابه

5. ما هي الإشارة المحمولة إذا كان التعديل FM و PM

6. ارسم الطيف الترددي للموجة المعدلة إذا كان التعديل ترددي FM

س15) للموجة المعدلة تعديل ترددي ثنائية:

$$V(t) = V(t) = 10 \sin(2 \cdot 109 \pi + 200 \sin(2\pi \cdot 200t))$$

1. جد قيمة $f_c, f_m, m_f, V_c, V_m, \Delta f, K_f$

2. هل هذه الموجة المعدلة ذات نطاق صيقل NBFM أم ذات نطاق واسع WBFM ؟

3 جد عرض النطاق الترددي للموجة المعدلة

4 جد عرض النطاق الترددي وبسطة الخطأ في حسبه.

5. ما هي الإشارة المحمولة.

6. احسب مقاومة الدائرة إذا كانت القدرة للإشارة المرسلة تساوي 5mw

س16) إذا كان عرض نطاق موجة FM يساوي 120KHz ولأكبر تردد للموجة المحملة يساوي 15KHz كانت قيم علاقات بيسل لمعدل التعديل لهذه الموجة كالتالي

$J_0 = 0.9, J_1 = 0.25, J_2 = 0.15$. ما هي قيمة الاسراع النسبي لكل زوج من أزواج الحزم الجانبية؟

ما قيمة الانصب القياسي للموجة لمعدلة؟

س17) محطة FM تبث موجات صوتية ذات مدى ترددي (50Hz - 18KHz) ما مدى معدل التعديل المسموح به لهذه المحطة؟

س18) عسى أساس أن موجة NBFM متماثلة لموجة المعدلة تعديل سعوي DSB-1C، فما الصيغة التقريبية في هذه الحالة للعلاقة لرياضية للموجة المعدلة تعديل ترددي ذو نطاق صيقل NBFM :

$$V(t) = V_c \sin(\omega_c t + m_f \sin(\omega_m t))$$

من (19) إذا كانت محطة لافرس الكريج تبث على تردد 3MHz 93 هـ أقل تردد حامل للموجة التي تنسق أو تلي هذه المحطة؟ (لا يشترط أن تكون محطة تبث عليها)

من (20) إذا كانت نسبة التعديل 100% ، همت العلاقة بين تردد الموجة المحمولة ومعامل التعديل لكل من التعديل المسوي والتعديل الترددي؟

من (21) ما عرض حزمة الترددات للفعالة لمحطة بث FM؟ (أي عدد إمتالي للجوء المخصص للحماية)

من (22) تنبع بالمعادلات الرياضية خطوات التعديل العكسي لموجة معطلة تردديا FM

من (23) ما وظيفة كل من المحدد والمميز؟

من (24) جد طريقة لتوليد موجة معطلة تعين ترددي NBFM ومن ثم استخدام الموجة الناتجة لتوليد الموجة المعطلة تعين ترددي WBFM ، أو يعطى آخر إيجاد طريقة غير مباشرة لتوليد موجة معطلة تردديا ذات عرض نطاق واسع WBFM (بالرجوع لبعض المراجع الخارجية).

الوحدة الخامسة

التعديل النبضي

Pulse Modulation

الوحدة الخامسة: التعديل النبضي Pulse Modulation

5-1 النظرية العينة Sampling Theorem

في أهم نظرية في علم الاتصالات هي نظرية العينة وتتص هذه النظرية على التالي

' الإشارة المحددة للنطاق (Bandlimited) بتردد قصده f_m ، يمكن التعبير عنها بشكل كامل من خلال أخذ عينات (Samples) بها بمعدل تنظيم ثابت f_s أكبر من أو يساوي $2f_m$ ، أو بكلمات أخرى أن الفترة الزمنية بين العينات ذات قيمة ثابتة لا تزيد عن $T_m/2$ '

ويمكن التعبير عن النظرية بالعينة بكلمات أخرى على النحو التالي.

" بالإمكان الاستعاضة عن إرسال الموجة بالكامل بإرسال عينات منها تؤخذ على فترات زمنية ثابتة لا تتجاوز $T_m/2$ أو معدل أخذ عينات أكبر من أو يساوي $2f_m$ حيث f_m هو أعلى تردد في الإشارة. ويمكن استرجاع الإشارة المرسله بشكل تام من العينات المرسله"

حيث T_m : هو الفترة الزمنية التي تعيد الإشارة فيها نفسها (Period) ويساوي $1/f_m$.

ويعني التردد $2f_m$ تردد أو معدل نايقويست (Nyquist Rate).

مثال 1 : إذا كان أعلى تردد في موجة صوتية يساوي 10KHz ، ما قيمة معدل تنظيم أخذ العينات لها؟

$$\begin{aligned} f_s &\geq 2f_m \\ f_s &\geq 20 \text{ KHz} \end{aligned}$$

مثال 2: إذا كان معدل أخذ عينات إشارة جيبية $f_s = 10\text{KHz}$ ، فما الفترة الزمنية الفاصلة بين كل عيّنين؟

$$T_s = 1/f_s = 1/10\text{K} = 0.1\text{msec}$$

مثال 3: احسب قيمة تردد تايفريست والزمن الفاصل بين العينات للموجة الصوتية التالية:

$$Y(t) = 2 \cos(628t) + 3 \cos(314t)$$

تحتوي الموجة ترددين

$$f_{m1} = 628/2\pi = 100\text{ Hz}$$

$$f_{m2} = 314/2\pi = 50\text{ Hz}$$

معدل أخذ العينات بحسب اعتماد على قيمة أعلى تردد في الإشارة،

وبالتالي

$$f_s = 2f_m = 2 \times 100 = 200\text{ Hz}$$

$$T_s = 1/f_s = 1/200 = 5\text{msec}$$

مثال 4: إذا أخذت عينات من موجة صوتية بمعدل تنظيم $f_s = 32\text{KHz}$

وكان هذا المعدل ضعف تردد تايفريست، فما قيمة أعلى تردد في هذه الموجة الصوتية؟

$$f_c = 2(2f_m) = 32$$

$$f_m = 6\text{KHz}$$

2-5 مبدأ الترميز النبضي Principle of Pulse Modulation

فكرة الترميز النبضي (Pulse Modulation) تعتمد على الترميز القياسي (مثل AM و FM) بعدم تحويل إشارة المعلومات كاملة على الإشارة الحاملة، وإنما يتم في الترميز النبضي أولاً أخذ عينات من إشارة المعلومات

المصولة وفقاً للطريقة العينية (Sampling Theorem) ثم يتم تشويرها أو تعميلها مباشرة على الإشارات الحاملة ذات التردد العالي (مبدأ التعديل).

ويتم أخذ العينات (النبضات) على فترات زمنية قصيرة (short duration) مما يسمح بإرسال أكثر من إشارة واحدة على نفس القناة (إرسال متعدد القنوات الجزئية لوقت Time Division Multiplexing) وسيتم التطرق لهذه الموضوع بالتفصيل خلال هذه الوحدة لأهميته

5-3 أنواع التعديل التناظري

كما للتعديل التناظري به أنواع فإن التعديل التناظري يُصنفه إلى أنواع، من أنواع التعديل التناظري التناظري (Analog Pulse Modulation)

1. تعديل اتساع النبضة (Pulse Amplitude Modulation (PAM)

2. تعديل عرض النبضة (Pulse Width Modulation (PWM)

3. تعديل مكان النبضة (Pulse Phase Modulation (PPM)

ومن أنواع التعديل التناظري الرقمي (Digital Pulse Modulation)

4. تعديل رمز النبضة (Pulse Code Modulation (PCM)

5. تعديل الفرق (Delta Modulation (DM)

5-3-1 تعديل اتساع النبضة PAM

المقصود بتعديل اتساع النبضة (PAM) التغير في اتساع النبضة تبعاً لقيمة اللحظية للموجة المصولة مع بقاء عرض ومكان النبضة ثابتين. (راجع الشكل 5-2)

ويمكن الحصول على موجة (PAM) من خلال أحد العيبت للإشارة المحمولة بواسطة دائرة تسمى (Sample and Hold Circuit) وفقا للطريقة العينية (Sampling Theorem)، (راجع الدائرة 5-1)

5-3-2 تعديل عرض النبضة PWM

المقصود بتعديل عرض النبضة (PWM) التعبير في عرض النبضة تبع لتغيره الحظري للموجة المحملة مع بقاء اتساع ومكان النبضة ثابتين (راجع الشكل 5-2)

كخطوة أولى للحصول على موجة (PWM) يتم الحصول على موجة (PAM) ومن ثم جمعها مع إشارة أمكن المشر (Saw Tooth Signal) ومن ثم إدخال الإشارة التي نحصل عليها إلى دائرة مقارن (Comparator) لمقارنتها بفولتية مرجعية V_{ref} بحيث

1. إذا كانت قيمة فولتية الإشارة المجمعة أكبر من الفولتية المرجعية فنتج للمقارن فولتية ثابتة

2. إذا كانت قيمة فولتية الإشارة المجمعة أصغر من الفولتية المرجعية فنتج للمقارن صفر .

وبذلك نحصل على إشارة (PWM) عند مخرج المقارن. (راجع الدائرة I-5)

5-3-3 تعديل مكان النبضة PPM

المقصود بتعديل مكان النبضة (PPM) التعبير في مكان النبضة تبعاً للقيمة للحظة للموجة المحملة مع بقاء اتساع وعرض النبضة ثابتين. (راجع الشكل 5-2)

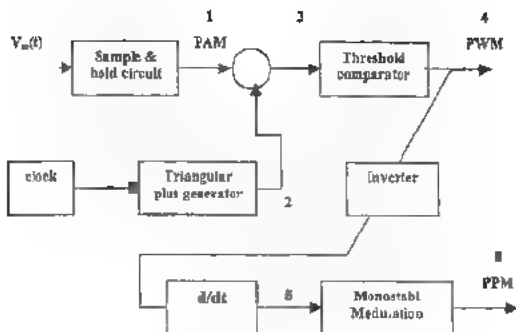
واللحصول على إشارة PPM لابد من تحويل إشارة PWM أولاً بالطريقة المذكورة مسبقاً، ثم تدخل إشارة PWM إلى عاكس (Inverter) الذي يقوم بعكس قطبية النبضات وبعد ذلك تدخل إلى معادل (Differentiator) والذي يعمل على النحو التالي.

1. ناتج اشتقاق التوليفة (القيمة) الثانية يساوي صفر، كما أن مشتقة الصفر تموي صفر.

2. الحاد الذي يشكل نقطة للتحويل من قيمة إلى أخرى قيمه مشتاقه غير معرفة وتظهر على هيئة وميض أو قطبية موجبة للحافة العليا وميض أو قطبية سالبة للحافة السفلى

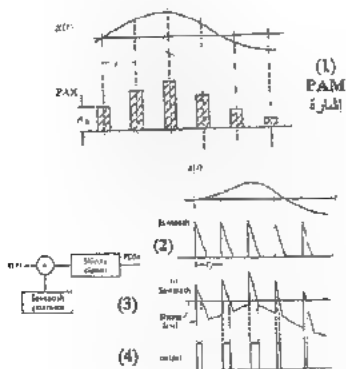
وأخيراً إدخال الإشارة الأخيرة إلى قاذح شميت (Schmitt Trigger) والذي وظيفته توليد نبضة ذات اتساع وعرض ثابتين عند ظهور وميض موجب لقطبيه على مدخل القاذح. وبذلك نكون قد حصلنا على إشارة ذات اتساع وعرض ثابتين ونكون مكان تعيين تبع للقيمة اللحظية للموجة المحمولة (PPM). ومن الجدير بالذكر أن تعيين مكان النبضة PPM به توفير القدرة على تعديل عرض النبضة PWM.

وفي ما يلي شكل الدائرة الكاملة التي تولد الأنواع الثلاث (PAM, PWM, PPM) حيث نلاحظ كيف أن تولد الثانية يعتمد على الإشارة الأولى وأن توليد الإشارة للثالثة يعتمد على الثانية:



شكل الموجات عند النقاط المختلفة لهذه الدائرة موضح في الشكل

التالي





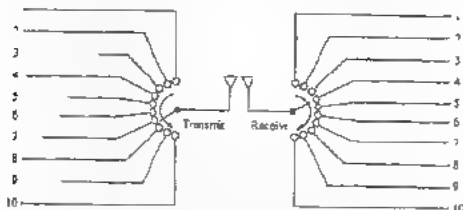
الإرسال المتعدد القنوات الجزئية الوقت

Time Division Multiplexing (TDM-PAM)

ذكرنا سابقا أن تعديل PAM يعتمد على عينات من الإشارة المحمولة وفقا لنظرية العينة. نرى الحاجة إلى إرسال الإشارة كاملة، وبذلك توفر فترات زمنية شاغرة بين تلك العينات، ويمكن استغلال تلك الفترات لزمنية غير المشغولة لإرسال عينات من إشارة (أو إشارات أخرى) وهذا هو المقصود بالإرسال متعدد القنوات الجزئية الوقت (TDM-PAM). كمنال بسيط للتوضيح نعرض إرسال إشارتين فقط على نفس القناة بأسلوب (TDM PAM) بالشكل التالي:



وهي م تلي مثال آخر لأكثر واقعية وتكتمل على نظام (TDM-PAM) حيث يرسل ويستقبل 8 قنوات موضحة في الشكل التالي:



يتم أخذ العينات لكل قناة من القنوات الثمانية وفقاً للنظرية العينية (Sampling Theorem) بنثر f_s أكبر من أو يساوي $2f_m$ بواسطة آلة نويرة تقوم بأخذ العينات بالتناوب بين تلك القنوات، ومن ثم تحميلها على إشارة حاملة ذات تردد عالي (أي إجراء أي من أنواع التعديل التي نطرقها لها سابقاً مثل FM)، ويثنى بواسطة الهوائي (Antenna) الذي يحولها من إشارة كهربائية إلى إشارة كهرومغناطيسية تنتشر في الفراغ وتصل إلى هوائي المستقبل الذي بعد تحويل الموجات الكهرومغناطيسية إلى موجات كهربائية معدلة والتي يتم تعديلها عكسياً لحصل على العينات التي سبق وأرسلها، ومن خلال استعمال بوابة كذلك المستحكمة في المرسل يتم فصل عينات كل قناة عن الأخرى، وبشرط نجاح ذلك لم تعد دوائر المرسل ودوائر المستقبل بالسرعة ذاتها وبترانس (Synchronization) لكي لا يحدث تدخل في الإشارات.

5-3-4 تعديل رمز النبضة (Pulse Code Modulation (PCM)

إن تعديل رمز النبضة هو أساس تعديل النبضة الرقمي والذي يتكون من مرحلتين: الترميز والتفكيك.

1. أولاً أخذ عينات الإشارة المصولة وفقاً للنظرية العينية (نمسل) لتتضمن $(2f_m \leq f_s)$

2. تصنيف كل عينة في مستوى معين من مستويات مفصصة تسمى مستويات مكممة "L" أو مستويات التكميم (Quantizing Levels) تبعاً بولتية العينة.

3. تشفير العينة برمز الثنائية وم يحاط به في النظام الثنائي وفقاً لما يقبل مستوى التكميم المعين

وهناك علاقة بين عدد التنبصات لرقمية لتمثيل العينة n وبين عدد مستويات التكميم L، وهي:

$$L = 2^n$$

والقيمة الفترية بين مستويي تكميم Δv (الدرجة الكمية) به علاقة بعدد المستويات L، أقصى اتساع الإشارة المصوبة V_m على النحو التالي:

$$\Delta v = 2^0 V_m / L$$

مثال 1 إذا كن التشفير الثنائي لإشارة PCM مكون من 5 مراتب (خانات)، فما عدد مستويات التكميم؟

$$L = 2^n = 2^5 = 32 \text{ levels}$$

مثال 2: تتبع الخطوات الضرورية للحصول على إشارة PCM من الإشارة المصولة التالية:

$$X(t) = 4 \sin(2\pi \cdot 100t)$$

مثال 2. نتك الخطوات الضرورية للحصول على إشارة PCM من إشارة المحمولة التالية.

$$X(t) = 4 \sin(2\pi * 100t)$$

بمقياس ثنائي مكون من 3 خانات، ولذا العينات بتعدد يساوي 10 أضعاف تردد الإشارة للمحمولة f_m .

الحل:

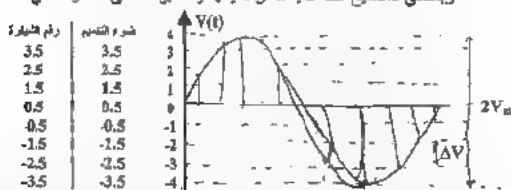
معدل تنظيم العينات يساوي: $f_s = 10f_m = 10 * 100 = 1000 \text{ Hz} = 1 \text{ KHz}$

وبالتالي سيأخذ عشرة عينات بكل دورة وحدة للإشارة المحمولة.

وعدد مستويات التكميم يساوي: $L = 2^n = 2^3 = 8 \text{ Levels}$

وبالتالي الدرجة الكمية تساوي: $\Delta v = 2 * V_m / L = 2 * 4 / 8 = 1 \text{ v}$

وبالتالي مستطيم أخذ العينات وتكميمها على النحو التالي:



رقم العينة	1	2	3	4	5	6	7	9	4	10
قيمة عينة الإشارة	1.1	3.1	3.8	3.5	1.4	-2.9	-4	-3	-2	-0.9
القيمة التكميم للعينة	1.5	3.5	3.5	3.5	1.5	-2.5	-3.5	-2.5	-1.5	-0.5
رقم الإشارة (ببت)	5	7	7	7	5	1	0	1	2	3
الشعور الثنائي	101	111	111	111	101	001	000	001	010	011

ففي المثال السابق تكون قيمة أكبر خطأ كمي $\Delta v/2 = 1/2$ فولت

وبالتالي يتراوح الخطأ الكمي بين (0.5- , 0.5) فولت.

وبما أن العلاقة بين الدرجة الكمية وعدد مستويات التكميم علاقة عكسية والعلاقة بين أكبر خطأ كمي والدرجة الكمية علاقة طردية، فإن زيادة عدد المستويات يؤدي إلى تقليل الخطأ الكمي

من ناحية أخرى فإن زيادة عدد المستويات يؤدي إلى زيادة عدد الحانات الثابتة وبالتالي يزداد عرض النطاق اللازم من أجل العلاقة التالية.

$$BW_{PCM} = BW * n$$

مثال 1: أوجد حساب أكبر خطأ كمي للمثال السابق إذا رفعنا عدد المستويات المكممة إلى 16 مستوى.

وبالتالي الدرجة للكمية تساوي: $\Delta v = 2 * V_m / L = 2 * 4 / 16 = 1/2$

قيمة أكبر خطأ كمي $\Delta v/2 = 0.5/2 = 1/4$ فولت.

مثال 2 إذا كان عرض نطاق إشارة قبل تشفيرها إلى النظام الثنائي يساوي 12 KHz ، فكم يساوي عرض النطاق بعد تشفير الإشارة بخمسة حانات رقمية؟

$$BW_{PCM} = BW * n = 12 * 5 = 60 \text{ KHz}$$

مثال 3. إذا ترفع عرض نطاق إشارة مرسلة إلى ستة أضعاف، فكم عدد الحانات الرقمية المستخدمة؟

$$BW_{PCM} / BW = n = 6$$

التشفير Encoding

التشفير هو تمثيل المستويات المكممة برموز خاصة مثل النظام الثنائي المتكرر من (0,1) فقط والذي يمكن التمييز عهما بنمضة كهربائية خاصة لكل رمز منهما

ويوجد طرق عديدة لتمثيل البعاف الثنائية (0,1) ببصات كهربائية:

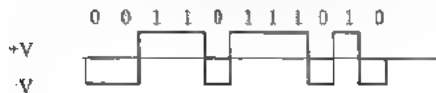
1. إشارة للعمل والنواق On-Off Signal

وبها يتم تمثيل 1 بنمضة (فولتية ثابتة موجبة) وتمثل 0 بلا نبضة ومثال على ذلك تمثيل سلسلة البعاف الرقمية التالية بإشارة للعمل والنواق:



2. إشارة القطبية للثنائية Bipolar Signal

وبها يتم تمثيل 1 بنمضة موجبة قطبية وتمثل 0 بنمضة سالبة للقطبية، ومثال على ذلك تمثيل سلسلة البعاف الرقمية التالية بإشارة للقطبية الثنائية:



3. إشارة للعودة إلى الصفر Return to Zero Signal (RZ)

وهي مشابهة لإشارة للعمل والنواق، عرق أن 1 يمثل بنمضة ايجابية وليس بنمضة كاملة (أي لفترة الزمنية التي يشتملها 1 هي $T_b/2$ ، حيث T_b هي

فترة إرسال النبضة كاملة)، ومثال على ذلك تمثيل سلسلة للبيانات الرقمية التالية
بإشارة العودة إلى الصفر (RZ).



4 إشارة التناوب Alternation Signal

تمثل 0 دائما بلا نبضة وتمثل 1 بنصف نبضة موجبة ثم نصف نبضة سالبة بالتناوب ومثال على ذلك تمثيل سلسلة للبيانات الرقمية التالية
بإشارة التناوب.



5 إشارة مانشستر Manchester Signal

يتم تمثيل 1 بنصف نبضة موجبة ونصف نبضة سالبة على التوالي،
ويتم تمثيل 0 بنصف نبضة سالبة ونصف نبضة موجبة على التوالي. ومثال
على ذلك تمثيل سلسلة للبيانات الرقمية التالية بإشارة مانشستر.



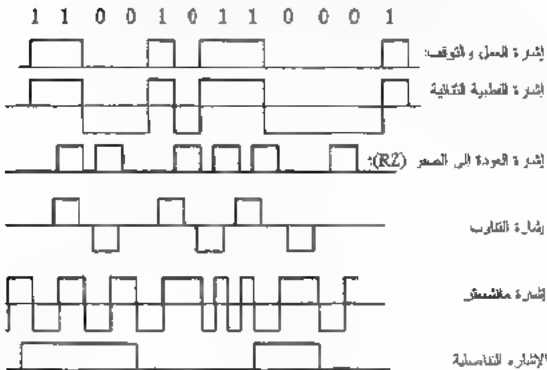
6. الإشارة التفاضلية Differential Signal

ليمن للـ 1 أو 0 تمثيل مصدر، وإنما تقنية العمل تتلخص بحدوث انتقال للنبضة (من لا نبضة إلى نبضة ومن نبضة إلى لا نبضة) عند 0، وعدم حدوث أي تغيير عند 1 ومثل على ذلك تمثيل سلسلة للبيانات لرقمية التالية بالإشارة التفاضلية:



ويمن في استخدام أي طريقة من هذه الطرق مبررات خاصة به سواء من ناحية القدرة أو عرض النطاق أو إمكانية الكشف عن حدوث خطأ في البيانات للمرسل أو الدائرة التي تتلخج الإشارة على النحو المطلوب أو غير ذلك.

مثال، مثل للبيانات لرقمية التالية بالأساليب المذكورة أعلاه:



مميزات التعديل الترددي المرمز PCM

يُن تعديل PCM عدد من النواحي ايجابية والحسنة ومن المميزات الجيدة له:

1. تتوفر المعلومات في هيئة منفردة يحكم من إعادة بناء الإشارة في محطات تقوية توسيع بين المرسل والمستقبل، وبالتالي فهو مناسب للإرسال للمعدات الطويلة.
2. دوائر الكشف والتعديل هي دوائر رقمية ذات فعالية عالية ومتوفرة على هيئة دوائر متكاملة (IC) Integrated Circuits ، وبالتالي تكون المتكاملة قليلة.
3. إمكانية تخزين الإشارة لوقت معين.
4. إمكانية استخدام شيفرة مناسبة للتقليل من التكرار غير الضروري للبيانات.
5. إمكانية استخدام شيفرة مناسبة للتقليل من تكرار التصحيح والتدخل.

مميزات التعديل الترددي المرمز PCM

1. نظام معقد التركيب لتكونه من مراحل متعددة كثيرة مثل أحد المميزات والتكديس والتشهير وغيره.
2. عرض الحزمة للإرسال واسع (كبير)، بسبب تشفير المعلومات إلى عدد من الخانات الثنائية.

2. عرض الحزمة للإرسال واسع (كبير)، بسبب تشعير المعلومات إلى عدد من الخدمات الثانوية.

تعديل الفرق، Delta Modulation (DM)

يتكون تعديل الفرق من عدة مراحل متتالية هي على الترتيب.

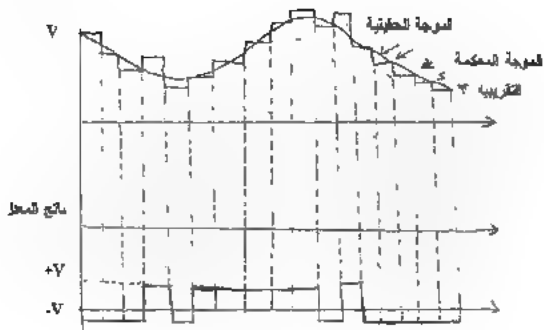
1. تجزئة موجة المعطومات المحمولة وفقا للنظرية العنوية وإعطاء قيم تقريبية لها

2. بحسب الفرق بين القيمة الحقيقية والقيمة التقريبية للعنود نصفا النتيجة إلى صنفين:

أ. إذا كانت القيمة الحقيقية أكبر من القيمة للتقريبية يرمر بها بدبصة موجبة δ +

ب إذا كانت القيمة الحقيقية أصغر من القيمة التقريبية يرمر بها بدبصة سالبة $-\delta$

والمثال التوضيحي التالي يبين تقنية عمل هذا التعديل، حيث يبين الشكل، لأول الإشارة المحمولة والقيم للتقريب للعنود والشكل التالي يبين الاستنتاج من مقارنة القيمة الحقيقية والتقريبية حيث الناتج يكون بحدي قيمتين، الموجبة والسالبة.



أسئلة آخر الفصل

- س(1) بكمالك الخاصة، اشرح النظرية العنوية.
- س(2) إذا كان أعلى تردد في موجة صوتية يساوي 5KHz، فما قيمة معدل تنظيم أخذ العينات لها؟
- س(3) احسب قيمة تردد تاكويست والرمز للعاص بين العينات للموجة الصوتية التالية.
- $$Y(t) = 4 \sin(1000t) + 3 \cos(10000t)$$
- س(4) ما الرمز للعاص بين عينة وأخرى للعياب المأخوذة في السؤال السابق؟
- س(5) إذا أخذت عينات من موجة صوتية بمعدل تنظيم 120KHz fs وكان هذا المعدل ثلاث أضعاف تردد تاكويست، فما قيمة أعلى تردد في هذه الموجة الصوتية؟
- س(6) ما الفرق الأساسي بين التعديل الترددي والتعديل التفاضلي؟
- س(7) ما وظيفة كل من دائرة أخذ العينات، مقارن العتبة، المعاصل، وقادح تمهيت؟
- س(8) كي نحصل على دائرة الحصول على PPM إذا لم نستخدم العاكس ؟ Inverter
- س(9) تتبع الحصول على إشارة PPM من إشارة PWM لتأنيبه من خلال مرورها أولاً على مقاصف ثم على قادح تمهيت.
- س(10) ما تأثير عدم اختيار قيمة مرجعية Vref مناسبة؟

من 11) ما المقصود بالترميز Synchronization وما أهميته بين مرسدين ومنتقيل TDM-PAM؟

من 12) إذا كان تردد أحد القنوات لنظام TDM-PAM ضعف تردد باقي القنوات، فكيف يتم التعامل بين الدورية وهذه القناة؟

من 13) استنتج رمز نطاق القناة التي تنقل الإشارة الناتجة بعد بواردة المستقبل في نظام TDM-PAM

من 14) إذا كان التشفير الثنائي لإشارة PCM مكون من 8 مراتب (خانات)، فما عدد مستويات التكميم؟

من 15) إذا كان مستويات التكميم $L = 128$ فكم عدد الخانات الثنائية المستخدمة لتشفير الرقمي للعينات؟

من 16) تتبع الخطوات الضرورية للحصول على إشارة PCM من الإشارة المحمولة لتأليه؛

$$X(t) = 12 \sin(2\pi \cdot 2000t)$$

بتشفير ثنائي مكون من 4 خانات، وبعد لعينات بتردد يساوي 8 أصعاف تردد الإشارة المحمولة f_m بحسب المسافة الزمنية بين العينات. حدد العينة الأولى عند $t=0 \text{ sec}$.

من 17) أعد الإجابة على السؤال السابق للإشارة المحمولة لتأليه.

$$V(t) = 10 \cos(2\pi \cdot 150t) + 20 \sin(2\pi \cdot 300t)$$

من 18) ما أكبر خطأ كمي ممكن حدوثه في السؤال (16)؟

من 19) كم يصبح مقدار الخطأ الكمي الممكن حدوثه في السؤال (16) إذا كان التشفير بـ 5 خانات رقمية؟

س20) ما نسبة الريادة في حرصى السطوح في السزال (16) إذ، كن التثخير و
5 خانات رقمية؟

س21) قم بتثخير المعلومات الرقمية التالية وفقا لإشارات التثخير السنة
المبروسة:

0101001100011100110101

س22) ما للعلاقة المتوقعة بين قدرة إشارة العمل والتوقف وإشارة العودة الى
الصفر؟

س23) ما العلاقة المتوقعة بين حرص نطاق إشارة الحمل والتوقف وإشارة
ماتخمتر؟

س24) ما مبيب التكلفة القليلة لاستخدام PCM؟

س25) لماذا يعد نظام PCM نظام معقد للتركيب؟ لماذا يعد نظام PCM نظام
ذو لطبق واسع؟

س26) جد الإشارة المعدلة DM من الإشارة للمحموعة التالية

س27) ما تردد المهتر المحلي لمستقبل Super Hydrodyne الذي يحقق لنا
الحصول على موجة داب للتردد المتوسط إذ، كان تردد الموجة الحاملة
2MHz ؟

س28) إذا كن تردد المهتر المحلي لمستقبل Super Hydrodyne يسوي
1.5MHz، فما قيمة التردد الحامل للموجة في هذه الحالة؟

الوحدة السادسة

مبادئ التعديل الرقمي

Principles of Digital Modulation

الوحدة السادسة، مبادئ التحويل الرقمي

Principles of Digital Modulation

5-1 التحويل الرقمي Digital Modulation

مفهوم التحويل الرقمي لا يختلف عن التحويل التناظري من حيث تحميل الإشارة للمحمولة ذات التردد المحدد على إشارة الحاملة ذات التردد العالي، ولكن التحويل الرقمي هذه الإشارة المحمولة تكون إشارة رقمية ذات قيمتين فقط (0,1)، أما الإشارة الحاملة ذات التردد العالي فهي غالباً إشارة جيبية ذات تردد وطور محددين وتتمتع بكبير من اتساع لإشارة المحمولة، ويميز التحويل الرقمي بأنه إزاحة لاتساع أو تردد أو طور الموجة الحاملة ذات التردد العالي تبعاً لقيمة الإشارة لرقمية للمحمولة ذات التردد المنخفض ولمحمولة بقيمتين فقط (0,1).

5-2 أنواع التحويل الرقمي

كما أن التحويل التناظري هو أنواع عدة، فإن التحويل الرقمي له أنواع أيضاً وهي:

- 1 الإزاحة السعوية (ASK) Amplitude Shift Keying
- 2 الإزاحة الترددية (FSK) Frequency Shift Keying
- 3 الإزاحة الطورية (PSK) Phase Shift Keying
4. مبرمج أو هجين (Hybrid) من الاتساع والتردد والطور وغالباً يكون المبرمج بين اثنين منهم فقط.

في الأنواع الثلاثة الأولى ما هي إلا حالة خاصة من التعديل السعوي يتم من خلالها تحميل الإشارة الرقمية الثنائية للقيم التي تم الحصول عليها من تعديل رموز النبض PCM على موجة حاملة ذات تردد عالي

3-2-1 الإزاحة السعوية (ASK)

عندما يعدل انتعاش موجة حاملة بموجة رقمية ثنائية القيم فإنه سينتقل بين مستويين من الفولتية سنتناول في دراستنا نوعين من الإزاحة السعوية هم للموجة المعدلة بإشارة العمل والوقوف (On-Off ASK)، والثاني للموجة المعدلة بإشارة ثنائية القطبية (بنوع حامل Suppressed Carrier ASK).

والعلاقة العامة للموجة المعدلة ASK تأخذ شكل العلاقة الرياضية التالية

$$V(t) = A_1 \cos(\omega_c t) \quad \text{عند 1}$$

$$A_2 \cos(\omega_c t) \quad \text{عند 0}$$

حيث A_1 هو انتعاش للموجة المعدلة عندما تكون المعبومة لمنقولة هي 1، و A_2 هو انتعاش للموجة المعدلة عندما تكون الموجة المنقولة هي 0.

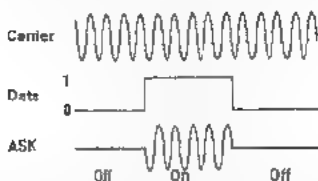
الإزاحة السعوية ON-OFF ASK:

الإزاحة السعوية تعطيل صيغة واضحة لتعديل باستخدام الإشارة الرقمية الإشارة للمعدة تنتقل (Switched) بين مستويين من الانتعاش، وهي هذه الحالة يمكن التحجير عن الموجة المعدلة بالعلاقة التالية

$$V(t) = A \cos(\omega_c t) \quad \text{عند 1}$$

$$0 \quad \text{عند 0}$$

وهذه حالة خاصة من الإزاحة المعوية يكون فيها اتساع الموجة المعدلة بوقية محددة A عند إرسال 1 ولا تأخذ أي قيمة عند إرسال 0. ونكون الإشارة المرسلية منقطعة كما هو موضح في الشكل التالي:



ومن الواضح أن التشفير المستخدم هو من نوع إشارة العمل والتوقف، ومن الموجة المعدلة ناتجة من ضرب هذه الإشارة بالإشارة الحسية ذات التردد العالي الثابت (أي نستخدم صاريب لتوليد الموجة المعدلة ON-OFF ASK). والتبدل العكسي للإشارة ON OFF ASK يتم في المستقبلية بدائرة كاشف لإشارة (Diode Detector).

وتتكون هذه الدائرة أساساً من مقوم (Rectifier) ومصفى تعيير حرمة ترددات منخفضه LPF. حيث يقوم المقوم بالتحلص من الجزء السالب من الإشارة المعدلة ويقوم المصفى بالتحلص من الترددات العالية في الإشارة، فنحصل على المظومة للرقعة التي تم إرسالها سابقاً

الإزاحة السوية Suppressed Carrier ASK

عند الاعتماد مع إشارة مشفرة بإشارة سائكية القطبية، تصبح العلامة الرياضية التي تعبر عن الموجة المعدلة ASK هي هذه للحالة على النحو التالي

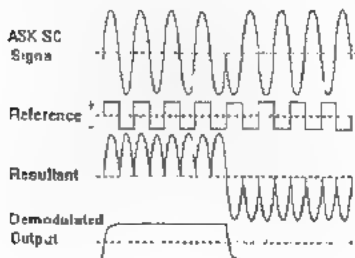
$$V(t) = A \cos(\omega_c t) \quad \text{عند 1}$$

$$- A \cos(\omega_c t) \quad \text{عند 0}$$

وهذا يعني أن للموجة الناتجة سوط بتغير طورها باستمرار تبع لتغير البيانات الرقمية المرسلية وتكون للموجة المعدلة الناتجة هنا صيغة (غير منقطعة كما في ON-OFF ASK).

ويمكن اعتبار هذا النوع من الإزاحة السعوية أنها إزاحة طورية بتغير الطور بتغير البيانات الرقمية

في التعديل العكسي لهذا النوع يتم بصرب للموجة المعدلة بإشارة مربعة (Square Signal) لها نفس تردد الإشارة الحاملة، ثم تمرير الموجة الناتجة على مصفى تمرير للحرمة المنخفضة LPF فتخرج إشارة ذات تردد محدد كذلك التي تم إرسالها. والشكل التالي يوضح خطوات عمل المعدل العكسي



ويمكن ببات صحة عمل المعزل العكسي هذا بالمعادلات الرياضية على النحو التالي:

يعبر عن الموجة المعدلة بالعلاقة الرياضية التالية

$$V(t) = \begin{array}{ll} A \cos(\omega_c t) & \text{during the +1 priod} \\ A \cos(\omega_c t + 80^\circ) & \text{during the -1 priod} \end{array}$$

وبعد ضربها بإشارة دورية ذات التردد المماثل لتزداد لموجته الحاملة يصبح الناتج:

$$V(t) = \begin{array}{ll} A \cos(\omega_c t) \cos(\omega_c t) & \text{during the +1 priod} \\ A \cos(\omega_c t + 180^\circ) \cos(\omega_c t) & \text{during the -1 priod} \end{array}$$

ونبسط العلاقة الأخيرة تبعاً لقانون ضرب الإشارات الجيبية لتصبح:

$$V(t) = \begin{array}{ll} 0.5 A [\cos(2\omega_c t) + \cos(0)] & \text{during the +1 priod} \\ 0.5 A [\cos(2\omega_c t + 80^\circ) + \cos(180^\circ)] & \text{during the -1 priod} \end{array}$$

وبعد ممره بمرشح LPF نتخلص من الإشارة ذات التردد العالي ($2\omega_c$) ونحصل على الموجة الرقمية المحمودة ذات التردد المنخفض المشفرة بتمثيل إشارة ثنائية القطبية.

$$V(t) = \begin{array}{ll} 0.5 A \cos(0) = 0.5A & \text{during the +1 priod} \\ 0.5 A \cos(180^\circ) = -0.5A & \text{during the -1 priod} \end{array}$$

FSK 2-2-5 الإزاحة الترددية

إن الإزاحة الترددية هي حالة خاصة من التعديل الترددي، حيث يتغير تردد الموجة الحاملة ذات التردد العالي تبعاً لقيمة المعلومات الثنائية المرسة وبالتالي توجد صيغتين فقط لكتابة الموجة المعدلة FSK وهي

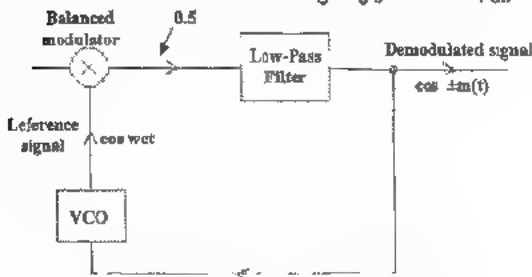
$$V(t) = A \cos(\omega_c t) \quad \text{عدد 1}$$

$$A \cos(\omega_c t) \quad \text{عدد 0}$$

أي المجموعة الرقمية 0 تحظى موجة معددة ذات تردد معين بينما تعطي المجموعة الرقمية 1 موجة معددة ذات تردد آخر ولكن الاتساع نفسه لكلاهما

يُحصل على الموجة المعددة FSK بواسطة مهتز متحكم بالترددية Voltage Control Oscillator (VCO)، حيث يعتمد تردد الموجة الناتجة على فولتية المرجحة للدخلة إلى المهتز، وبما أن المعلومات الدخلة للمهتز رقمية ذات قيمتين ستحصل من المهتز على إشارتين بترددين مختلفين

وفي المستقبل يتم استرجاع البيانات الرقمية المرسلة بواسطة النظام المبين بالمخطط الصندوقي التالي:



إن VCO مصمم ليُعطي تردد مساوي تقريباً لتردد الموجة الحاملة ω_c في حالة لم يكن من إشارة دخلية للمهتز VCO، ولكن عندئذ تكون إشارة FSK المعددة التكنية هي الإشارة الدخلة لنظام .

$$V(t) = A \cos(m_c +/- m)t$$

فتصبح المعادلة تكون:

$$V(t) = A \cos(\omega_c +/- m)t \cos(\omega_c t) \\ = 0.5A [\cos(2\omega_c +/- m)t + \cos(+/- mt)]$$

وبعد مصفى تمرير الحزمة المنخفضة كفى الإشارة ذات التردد المنخفض فقط.

$$V(t) = 0.5A \cos(mt) \\ - 0.5A \cos(mt)$$

وهي إشارة بتردد بسيط تعبر عن المعلومات الرقمية المرسل (0.1). وندخل الإشارة الناتجة الى VCO لتكرر العملية مرة أخرى مع الموجة المعدلة الأخرى باستمرار بمعنى آخر نحتاج الى مصغرين مولدين بتزوير مختلفين لاسترجاع الموجة الرقمية المحمولة، أحدهم مولف على تردد $w+m$ و الآخر مولف على تردد $w-m$ ، بالإضافة الى الكاشف أو المميز.

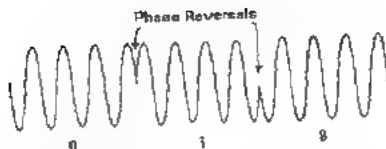
2-5 في الإزاحة الطورية PSK

إن لإزاحة الطورية هي حالة خاصة من التعتيل الطوري، حيث يتغير طور الموجة الحاملة ذات التردد العالي تبع لقيمة المعلومات ثنائية المرسل. وبالتالي توجد صيغتين فقط لكتابة الموجة المعدلة PSK وهي

$$V(t) = A \cos(\omega_c t + \theta_1) \quad \text{عند } 1$$

$$A \cos(\omega_c t + \theta_2) \quad \text{عند } 0$$

والشكل التالي يبين شكل الإشارة:



أي المعلومة الرقمية 0 تعطي موجة معكئة ذات تردد معين بينما تعطي المعلومة الرقمية 1 موجة معكئة ذات تردد آخر ولكن الاتساع والتردد نفسه لكلاهما. هي هذا النوع من الترميز يتغير قطور للموجة المعكئة بين طورين (أو أكثر في حالة الأنواع المتعددة) وغالبا ما تكون قيمة الطورين 0° و 180° وبالتالي تصبح العلاقة أعلاه على النحو التالي:

$$V(t) = A \cos(\omega_0 t + 180^\circ) \quad \text{عند } 1$$

$$A \cos(\omega_0 t) \quad \text{عند } 0$$

من خصائص التحديل من نوع الإزاحة الطورية:

1. للموجة محتوى ثابت ولا يتأثر اتساعها بالتضجيج أو التغيرات الخطية الأخرى ولذلك فهي أكثر استخدام من الإزاحة السعوية.
2. يعتمد عمل هذا الترميز في أنظمة الاتصالات ذات السرعة المتوسطة 4800 بت/الثانية.

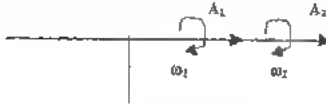
3. الترميز في القدرة، حيث أن القدرة اللازمة لهذا النوع تساوي نصف القدرة اللازمة للأنظمة لإزاحة الأخرى المصنوع على نفس معدل حملنا للجزء.

المخطط للمتجهي

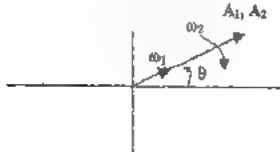
يمكن تمثيل الموجة المعقدة بموجة رقمية $(1,0)$ بمخطط يسمى المخطط المتجهي، حيث يسير عن كل حالة بمسار أو قيمة (التسارع) و زاوية (طور) وسرعة زاوية (تردد)

فيكون المخطط للمتجهي لموجة الإزاحة المعقدة عبارة عن متجهين بتردد و طور واحد ولكن باسطين مختلفين ويكون المخطط للمتجهي لموجة الإزاحة الترددية يمثل بمتجهين متساويين بالاتساع و الزاوية ومختلفين بالسرعة الزاوية (التي تتناسب مع التردد). وأخيرا المخطط المتجهي لموجة الإزاحة الطورية يمثل بمتجهين متساويين في الاتساع والسرعة الزاوية ومختلفين في الزاوية (متعاكسين إذا كان الطورين للمستجيبين هما $(180,0)$)

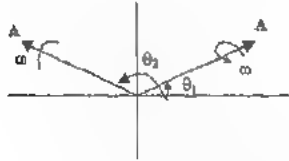
مثال 1: ارسم المخطط المتجهي لموجة الإزاحة المعقدة.



مثال 2: ارسم المخطط للمتجهي لموجة الإزاحة الترددية:



مثال 3: ترسم المحطط المنحني لموجة الإزاحة الطورية



مستويات الإزاحة الطورية (M-Ary PSK)

إذا كانت كلمة ((Binary تعني مستويين مختلفين أو حالتين مختلفتين، فإن المقصود من مصطلح ((M-Ary وجود عدة مستويات مختلفة أو حالات مختلفة. وبذلك فإن المقصود بمصطلح ((M-Ary PSK تطبيق مفهوم الإزاحة الطورية ولكن على عدة مستويات وليس مستويين اثنين فقط بمعنى آخر أن يتم تعديل الإشارة الحاملة بإشارة المعلومات الرقمية نبضة فنبضة ((bit by bit، وإما تعدل الإشارة الحاملة بدء على عدد معين من النبضات ويعطى مستوى معين أو طور معين خاص بكل تركيبة من هذه النبضات.

ويستخدم الرمز M-Ary مع إزاحة الطوره متعدد المستويات لتوصيح عدد الأهور (المستويات)، فمثلا 8 Array PSK تعني استخدام 8 أطوار مختلفة في التعيين، و((6Array PSK، تعني استخدام 16 طور مختلف لتعديل، وهكذا

إن العلاقة بين عدد الأجزاء الرقمية لمجموعة (النبضات) (N) وعدد الاشتراكات الممكنة من هذه الأجزاء (M) هي على النحو التالي:

$$M = \text{Ln } M_2 N = \text{Log}$$

OR

$$M = 2^N$$

مثال 1: ما عدد الاشرابات الممكنة من 10 نبضات؟

$$M = 2^N = 2^{10} = 1024$$

مثال 2: ما عدد الأجزاء الرقمية التي تمطينا 8 اشرابات مختلفة؟ ما

هي هذه الاشرابات؟

$$M = \text{Ln } M = \text{Ln}(8) = 3 \text{ Bits}; N = \text{Log}$$

الاشرابات هي: (000, 001, 010, 011, 100, 101, 110, 111)

تصبح القصبة العامة بمرحلة المسئلة M-Array PSK على النحو

التالي

$$V_c \cos(\omega t + \theta_i) = V(t)$$

حيث θ هي طور الناظر للاشراب الواحد، وبذلك فعندما يستعمل

طويين اثنين فقط (180,0) كان سينا جزء رقمي واحد لتمثيل (1,0) أما إذا

كان عدد المستويات (عدد الأجزاء) يسوي M فإن عدد الأجزاء الرقمية يساوي

N حسب القاعدة أعلاه

مثال على ذلك Array PSK 4 فيه عدد لأطوار تسري عدد المستويات

=4 وبالتالي فإن عدد الأجزاء الرقمية يساوي،

$$M = \text{Ln } M = \text{Ln}(4) = 2$$

والاشرابات الناتجة من جزئين رقميين تساوي 4 وهي

(00,01,10,11) ولكل من هذه الأجزاء الطور الخاص بها في عملية التعديل

بالشكل التالي:

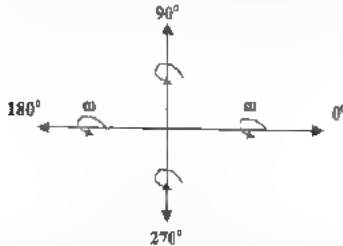
$$0 \rightarrow 00$$

$$90 \rightarrow 01$$

$$180 \rightarrow 10$$

$$270 \rightarrow 11$$

يُسمى المخطط المتجهي لنظام M-Array PSK بشأبه نظيره في PSK من حيث ثبات الانتعاش والتردد، ولكن يعتمد هذا M من الأطوار لتمثيل الأجراء الرقمية جميعاً. مثال ذلك المخطط المتجهي لنظام 4-Array PSK المذكور في المثال السابق الموضح في الشكل التالي:



يُسمى المعادلة الرئيسية التي تحقق من استخدام نظام M-Array PSK هو التوفير في عرض النطاق BW المطلوب للإرسال والتي تأتي على حساب تعقد دائرة التعديل والتعديل العكسي. إن عرض النطاق لإرسال إشارة M-Array PSK يجب من عرض نطاق الموجة المرسله PSK ذات الموديم خط على النحو التالي

$$BW / N - BW_{M}$$

حيث N هو عدد الأجزاء الزمنية.

مثال . إذا كل عرض للنطاق لموجة PSK يساوي 160KHz فكيف يصبح عرض النطاق إذا استخدمنا نظام 16Array PSK مع نفس الموجة؟

$$M = L_n M = L_n(16) = 4_2 N = \text{Log}$$

$$BW / N = 160/4 = 40\text{KHz} = BW_M$$

تلاحظ كيف انخفض عرض النطاق المطلوب إلى الربع باستخدام نظام

16-Array PSK.

4-2-5 المزيج أو الجمع

يمكن للمزج بين أنواع الإزاحة (بين نوعين معا غالبا)، فتصبح العلاقة التي تصلي للموجة المعقدة :

$$V(t) = A_c \cos(2\pi f_{\text{car}} t + \theta_i)$$

فيمكن إعطاء كل من (1,0) إشارة حسنة لها لتساعها وترددها وطورها

مثال [يمكن استخدام مزيج من الإزاحة المعقدة والفرعية بحيث.

$$V_0(t) = 10 \cos(1000t)$$

$$V_1(t) = 15 \cos(2000t)$$

مثال 2 يمكن استخدام مزيج من الإزاحة المعقدة والفرعية بحيث.

$$V_0(t) = 10 \cos(1000t + 180^\circ)$$

$$V_1(t) = 10 \cos(2000t)$$

أمثلة آخر القصير

ص (1) مرور نوع الإزاحة في كل مما يلي:

1. $V_0(t) = 10 \cos(1000t)$

$V_1(t) = 15 \cos(1000t)$

2. $V_0(t) = 10 \cos(1000t)$

$V_1(t) = 10 \cos(2000t)$

3. $V_0(t) = 10 \cos(1000t)$

$V_1(t) = 10 \sin(1000t)$

4. $V_0(t) = 10 \cos(1000t)$

$V_1(t) = 15 \sin(1000t)$

5. $V_0(t) = 10 \cos(1000t)$

$V_1(t) = 15 \sin(2000t)$

6. $V_0(t) = 10 \cos(1000t + 60)$

$V_1(t) = 10 \cos(1000t)$

7. $V_0(t) = 10 \cos(1000t)$

$V_1(t) = 15 \cos(2000t)$

8. $V_0(t) = 10 \cos(1000t + 90)$

$V_1(t) = 10 \cos(1000t + 90)$

9. $V_0(t) = 10 \cos(1000t + 45)$

$V_1(t) = 15 \cos(1000t + 45)$

10. $V_0(t) = 10 \cos(1000t + 45)$

$V_1(t) = 15 \sin(2000t + 45)$

س2) ارسم الموجات المعنلة تبعا للعلاقات في السؤال الأول للبيانات الرقمية التالية

0011011011

س3) كم عدد الأجراء الرقمية التي تُعطي لـ 128 بت

س4) ما هي الاشتراكات التي نحصل عليها من 4 إجراء رقمية؟

س5) ارسم المخطط المتجهي لكل من العلاقات في السؤال الأول

س6) إذا كان عرض النطاق لموجة PSK يساوي 320KHz فكم يصبح عرض النطاق إذا استخدم نظام 16-Array PSK مع نفس الموجة؟

س7) إذا كان عرض النطاق لموجة PSK يساوي 320KHz فكم يصبح عرض النطاق إذا استخدمنا نظام 32-Array PSK مع نفس الموجة؟

س8) أعد لإجابة على السؤال التالي باستخدام نظم 4-Array PSK.

1. دوسية مبادئ الاتصالات، تأليف وحيق توفيق حسن
2. Analog and Digital Communication Systems, Martin S. Roden.
3. Digital Communication Manual, M. Eng Maryam Akhu Azheya.



مبادئ الإتصالات

18860 Libeca Alexandria



0518381

82
m



البريد الإلكتروني: المكتبة - مصر - القاهرة - 11172 - 962 79561920 - 962 79561920
مركز: 962 79561920 - 962 79561920 - 962 79561920

650787